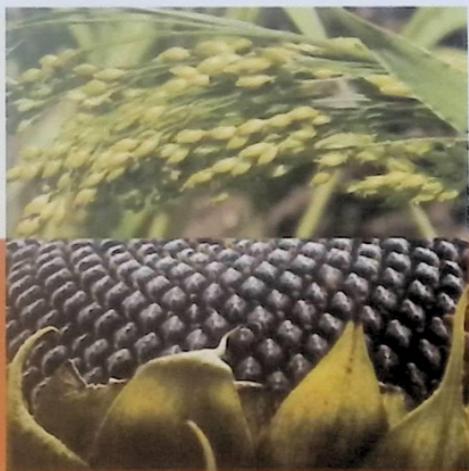


ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

# СЕЛЕКЦИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА КАЧЕСТВО



E.LANBOOK.COM

**AMALIY MASHG'ULOT BO'YICHA IZOHLAR**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# СЕЛЕКЦИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА КАЧЕСТВО

Под редакцией В. В. Пыльнева

Издание второе, стереотипное

*Учебное пособие содержит сведения,  
необходимые для формирования профессиональных компетенций  
при подготовке магистров по направлению «Агрономия»,  
и рекомендуется НМС по сельскому хозяйству  
для использования в учебном процессе*



ЛАНЬ

• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •  
• МОСКВА •  
• КРАСНОДАР •  
2025

УДК 631.527  
ББК 41.3я73

**С 29** Селекция полевых культур на качество : учебное пособие для вузов / Л. И. Долгодворова, В. В. Пыльнев, О. А. Буко [и др.] ; под редакцией В. В. Пыльнева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 256 с. : ил. — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-507-50797-9

В учебном пособии рассмотрены вопросы селекции растений на качество продукции, приведены методы определения качества зерна и продуктов его переработки в разных звеньях селекционного процесса, показаны проблемы оценки и отбора по качественным признакам. Приводятся характеристики основных качественных признаков по ряду полевых культур (пшенице, ржи, ячменю, просу, гороху, люпину и др.), системы селекционных оценок, требования к сортам разного направления использования, исходный материал и методы селекции, описания сортов.

Учебное пособие написано для студентов вузов, обучающихся по направлению «Агрономия», а также для всех тех, кто по роду своей деятельности сталкивается с вопросами селекции.

УДК 631.527  
ББК 41.3я73

**Рецензенты:**

**Н. М. МАКРУШИН** — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. лабораторией семеноводства Никитского ботанического сада, член-корреспондент НААН Украины;  
**А. М. МАЛЫКО** — доктор сельскохозяйственных наук, директор Российского сельскохозяйственного центра.

Обложка  
**Ю. В. ГРИГОРЬЕВА**

© Издательство «Лань», 2025  
© Коллектив авторов, 2025  
© Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	7
Глава 1. СЕЛЕКЦИЯ НА КАЧЕСТВО И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.....	10
1.1. Критерии качества зерна и белка .....	10
1.2. Белки .....	11
1.3. Селекция на повышение количества и качества белка.....	20
1.4. Антиметаболиты и токсические вещества .....	23
1.5. Методы качественной оценки .....	23
1.6. Химическая оценка селекционного материала.....	24
1.7. Биологическая оценка .....	25
1.8. Оценка технологических свойств.....	25
1.9. Отбор по качественным признакам .....	26
Вопросы к главе 1 .....	31
Глава 2. МЯГКАЯ ПШЕНИЦА.....	32
2.1. Понятие о качестве зерна пшеницы. Задачи селекции.....	32
2.2. Технологические свойства мягкой пшеницы.....	35
2.3. Химический состав зерна пшеницы.....	38
2.4. Прямые показатели качества зерна .....	57
2.5. Косвенные показатели качества зерна.....	60
2.6. Исходный материал и наследование признаков качества.....	64
2.7. Схемы оценки качества зерна.....	72
2.8. Сорты пшеницы .....	74
Вопросы к главе 2.....	77
Глава 3. РОЖЬ .....	78
3.1. Физические показатели .....	78
3.2. Химический состав зерна.....	79
3.3. Технологическая оценка .....	87
3.4. Методы определения хлебопекарных качеств .....	88
3.5. Сорты озимой ржи.....	92
Вопросы к главе 3.....	95

Глава 4. ЯЧМЕНЬ.....	96
4.1. Требования к сортам ячменя различного направления использования.....	96
4.2. Строение и химический состав зерна.....	97
4.3. Физические показатели.....	100
4.4. Технологические показатели.....	102
4.5. Исходный материал и наследование качественных признаков.....	106
4.6. Сорта ячменя.....	107
Вопросы к главе 4.....	109
Глава 5. ОВЕС.....	110
5.1. Строение и химический состав зерна.....	110
5.2. Физические и технологические показатели.....	112
5.3. Исходный материал и селекция на качество.....	113
5.4. Сорта овса.....	117
Вопросы к главе 5.....	119
Глава 6. ГРЕЧИХА.....	120
6.1. Химический состав.....	120
6.2. Физические и технологические показатели зерна.....	123
6.3. Кулинарные достоинства крупы.....	127
6.4. Схема оценки технологических свойств зерна гречихи.....	127
6.5. Сорта гречихи.....	129
Вопросы к главе 6.....	132
Глава 7. ПРОСО.....	133
7.1. Химический состав.....	133
7.2. Физические и технологические показатели.....	135
7.3. Потребительские свойства и кулинарные достоинства крупы.....	137
7.4. Селекция на качество.....	138
7.5. Сорта проса.....	140
Вопросы к главе 7.....	142

Глава 8. РИС .....	143
8.1. Биохимические показатели качества зерна .....	143
8.2. Физические и технологические показатели .....	147
8.3. Физико-химические свойства крупы .....	149
8.4. Кулинарные достоинства крупы .....	150
8.5. Технология переработки зерна с парбойлингом .....	151
8.6. Сорты риса .....	152
Вопросы к главе 8 .....	154
Глава 9. ГОРОХ .....	155
9.1. Строение и химический состав семян .....	155
9.2. Физические и технологические показатели качества зерна .....	158
9.3. Кулинарные качества .....	162
9.4. Селекция на качество .....	164
9.5. Сорты гороха .....	167
Вопросы к главе 9 .....	169
Глава 10. ЛЮПИНА .....	170
10.1. Химический состав зерна люпина .....	170
10.2. Локализация и количественное содержание алкалоидов в различных органах и частях растений люпина .....	173
10.3. Методы определения содержания алкалоидов .....	174
10.4. Селекция на безалкалоидность .....	176
10.5. Контроль за алкалоидностью в селекционно-семеноводческой работе .....	178
10.6. Сорты люпина .....	180
Вопросы к главе 10 .....	182
Глава 11. ПОДСОЛНЕЧНИК .....	183
11.1. Химический состав семян и качество масла .....	183
11.2. Селекция на маслячность и жирно-кислотный состав .....	187
11.3. Селекция на содержание белка .....	195
11.4. Физико-технологические качества семян подсолнечника .....	198
11.5. Селекция на качество и устойчивость к болезням .....	201

11.6. Селекция сортов специального назначения .....	202
11.7. Сорта и гибриды подсолнечника .....	203
Вопросы к главе 11 .....	205
Глава 12. КАРТОФЕЛЬ .....	206
12.1. Химический состав клубней картофеля .....	206
12.2. Основные требования, предъявляемые к сортам картофеля .....	210
12.3. Физические признаки и свойства клубней .....	210
12.4. Технологические показатели клубней .....	212
12.5. Сорта картофеля .....	216
Вопросы к главе 12 .....	218
Глава 13. ТРИТИКАЛЕ .....	219
13.1. Удольное направление селекции тритикале .....	220
13.2. Морфологические и биохимические особенности зерновки тритикале .....	221
13.3. Предуборочное прорастание зерна в колосе и его влияние на качество зерна тритикале .....	229
13.4. Селекция тритикале на устойчивость к предуборочному прорастанию зерна в колосе .....	234
13.5. Зерновое направление селекции тритикале .....	235
13.6. Сорта тритикале .....	238
Вопросы к главе 13 .....	242
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	243

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Продолжительное время основное внимание ученых и практиков было направлено главным образом на увеличение урожая сельскохозяйственных культур. Наряду с этим большое значение имеет качество получаемой продукции растениеводства, требования к которому зависят от направления использования культуры. Тысячелетиями человек выращивал растения для производства пищи, корма для скота и сырья для переработки. Естественно, требования к качеству продукции разного направления использования различны. При этом возникает еще один вопрос: насколько глубоко планируется переработка полученной продукции. Не секрет, что часто в процессе переработки качество конечного продукта не зависит от сортовых различий используемого растительного материала. И наоборот, иногда только специфические особенности выращиваемых сортов способны обеспечить подходящую продукцию для перерабатывающих предприятий.

В нашей стране потребность населения в белке в значительной степени покрывается за счет продукции растениеводства: с хлебом, мучными и крупяными изделиями человек потребляет значительное количество белка. Для сельскохозяйственных животных и птиц зерно также является основой кормового рациона. Белок не может быть заменен в питании человека и животных другими веществами. Человек ежедневно должен потреблять от 70 до 120 г белка.

Между тем злаковые культуры – пшеница, рожь, ячмень, кукуруза и другие – отличаются недостаточным содержанием белка. В ряде случаев он еще и невысокого качества. Питательная ценность белков зависит от количества незаменимых аминокислот и от их соотношения. Белкам злаковых культур свойственны различные формы дисбаланса, когда на фоне острого дефицита одних аминокислот отмечаются значительные избытки других, что отрицательно сказывается на биологической ценности и эффективности использования зерна. На основании определения аминокислотного состава можно установить биологическую питательную ценность белка.

Если принять за 100 ценность белка молока и яиц, то биологическая ценность белков в зерне злаков может быть выражена следующими средними значениями: пшеница – 62–68, рожь – 68–75, овес – 78–79, рис – 83–86, кукуруза – 52–58.

Повышение белковости не всегда приводит к улучшению питательности зерна, поскольку оно может и не сопровождаться эквивалентным увеличением содержания лизина и других лимитирующих аминокислот. В то же время при направленной селекции, проводимой со строгим отбором по фракционному и аминокислотному составу белка, можно создать

сорта, характеризующиеся более сбалансированным аминокислотным составом.

Возможности селекции отчетливо определились в 60-х годах прошлого столетия после открытия американскими учеными Мертцем и Нельсоном мутантов кукурузы Опейк 2 и Флаури 2. В результате изменения фракционного состава белков эндосперма зерна кукурузы с геном Опейк 2 суммарные белки высоколизиновых аналогов содержат примерно в два раза больше лизина, в полтора – триптофана и приблизительно на 30% больше валина по сравнению с обычной кукурузой.

Эти работы стимулировали научные исследования по поиску новых высоколизиновых источников у других зерновых культур, развитию селекционных работ по созданию сортов и гибридов с повышенным качеством и количеством белка. Были обнаружены генетические источники высококачественного белка у ячменя, пшеницы, сорго и других культур. Одновременно установлено, что такие мутантные формы отличаются пониженной продуктивностью и рядом отрицательных признаков, вследствие чего они могут быть использованы лишь как доноры генов, ответственных за синтез полноценных белков.

У некоторых культур качество зерновых продуктов снижается из-за наличия антиметаболитов, алкалоидов и других вредных для организма веществ.

Селекцию на качество вести значительно труднее, чем селекцию на повышенную урожайность или адаптивность. Это можно объяснить тем, что качественные признаки в большинстве случаев контролируются большим числом генов и подвержены значительному влиянию внешней среды. Кроме того, у этих признаков, как правило, низкая наследуемость и они часто отрицательно коррелируют с урожайностью. Вследствие этого при селекции на качество продукции необходимо проводить большие объемы скрещиваний и отборов. Селекция на качество требует проведения массовых анализов, что удорожает процесс создания сорта.

Большое значение имеют работы по поиску новых генетических источников высокого качества, а также разработка новых подходов в селекции, в частности, применение методов биотехнологии и генной инженерии.

В то же время требования Государственной комиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений к высокой урожайности новых сортов часто приводят к тому, что сорта, отличающиеся уникальными показателями качества, не доходят до сельскохозяйственного производителя.

Таким образом, селекция на качество, под которым подразумеваются, прежде всего, питательные свойства белков и зерна в целом, а также технологические показатели для культур, используемых для переработки, сопряжена с необходимостью решения самых разносторонних вопросов.

Это возможно лишь при комплексной работе селекционеров, генетиков, химиков-аналитиков, технологов, физиологов и других специалистов.

Необходимость комплексных исследований при создании высококачественных сортов подтверждает опыт работы и достижения таких известных научно-селекционных учреждений, как НИИСХ Юго-Востока, Московского НИИСХ «Немчиновка», ВНИИСХ зерновых культур им. Калиненко и др.

Значительную работу проводит Всероссийский центр по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур, в котором не только изучают и оценивают включенные в Государственное сортоиспытание сорта, но и разрабатывают и совершенствуют методы оценок, а также требования к новым сортам для включения их в списки ценных по качеству.

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса по общей и частной селекции растений и значительно расширяет и дополняет материал учебников «Общая селекция растений» (СПб.: Лань, 2013) и «Частная селекция полевых культур» (СПб.: Лань, 2016), что будет способствовать повышению знаний студентов. В данном пособии не описываются методики проведения работ по оценке технологических и других показателей, так как они изложены в «Практикуме по селекции и семеноводству полевых культур» (СПб.: Лань, 2014), методических указаниях и других работах, приведенных в списке литературы.

Предлагаемое учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению «Агрономия» по программам подготовки в области генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства. Оно представляет также интерес как для специалистов, работающих в области селекции растений, так и для всех людей, интересующихся данными вопросами.

Учебное пособие подготовлено коллективом авторов кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева в составе Лидии Ивановны Долгодворовой, Владимира Валентиновича Пыльсва, Ольги Алексеевны Буко, Валентины Сергеевны Рубец и Юлии Николаевны Котенко.

## Глава I СЕЛЕКЦИЯ НА КАЧЕСТВО И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

### I.1. Критерии качества зерна и белка

При планировании и осуществлении селекционной программы важно четко установить показатели качества и предельные значения, которыми должны обладать сорта и гибриды. Наиболее важными показателями питательной ценности зерна являются калорийность, содержание сырого жира, клетчатки, белка и лизина.

При решении вопроса о внесении новых сортов в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, необходимо учитывать не только урожайность зерна, но и его питательность, которая определяется выходом калорий, белка и лизина в единице продукта. При экономической оценке сортов и гибридов существенное значение имеет также выход данных веществ с единицы площади.

Например, повышенное содержание клетчатки в зерне следует рассматривать как минус нового сорта, поскольку она не только не представляет никакой питательной ценности, но и, как правило, ухудшает переваримость белка, крахмала, жира, снижая тем самым питательность всего продукта. В связи с этим снижение количества клетчатки ниже минимального уровня стандарта рассценивается как положительный фактор улучшения качества сорта, что весьма актуально для ячменя, овса, сорго и зернобобовых культур.

Повышение процента жира способствует заметному увеличению калорийности зерна. Однако при селекции зерновых культур этому показателю не всегда уделяется достаточно внимания. Между тем увеличение содержания жира на 3% вместо крахмала способствует повышению калорийности зерна на 5% при неизменном урожае зерна. Снижение процента жира приводит к уменьшению выхода калорий с единицы площади. Например, если новый гибрид кукурузы стабильно превышает существующий на 5% по урожайности, но при этом имеет пониженное содержание жира на 2-3%, то по количеству калорий или кормовых единиц у такого гибрида не будет преимущества перед старым. Это необходимо учитывать при селекции и сортоиспытании.

В идеале сорта и гибриды кукурузы, пшеницы и ячменя с содержанием белка и лизина ниже предусмотренного минимального уровня стандарта не должны приниматься в Государственное сортоиспытание даже в случае, если они превосходят коммерческие сорта по урожайности. В то же время сорта с более высоким содержанием белка и лизина при равной с ними урожайности должны быть допущены в производство. К сожалению, это правило часто нарушается, так как во главу угла ставится, прежде всего, урожайность нового сорта или гибрида, а не его качество.

Увеличение содержания белка, лизина и других показателей питательности зерна не может быть беспредельным. Здесь необходимо исходить, во-первых, из реальных возможностей, которыми располагает селекция, и, во-вторых, из научно обоснованных рекомендаций по составу продуктов питания и кормления. Эталон аминокислотного состава белка (ФАО, 1973) предусматривает очень высокое содержание лизина — 5,5 г на 100 г сырого белка. Достичь такого уровня у товарных сортов злаковых культур в ближайшие десятилетия, по-видимому, невозможно. К тому же потребность человека и животных в лизине в среднем несколько ниже. В связи с этим в качестве эталона предложен следующий состав питательных веществ зерна: сырой белок — 17,6%, лизин — 4,8% на 100 г белка (в расчете на воздушно-сухое вещество эти цифры ниже на 10%).

Имеющиеся в производстве гибриды кукурузы пока еще имеют недостаточно высокое содержание лизина и низкий уровень белка. Вполне реально получение гибридов кукурузы с уровнем белка в зерне 13% и лизина — 4,8%. Генетические источники для этого имеются.

Исходя из достигнутого уровня белковости лучших современных сортов пшеницы, представляется возможным иметь высокопродуктивные сорта с уровнем белка 17% и выше. Чрезвычайно трудной задачей является повышение содержания лизина до 3,7%.

Большого успеха можно ожидать в селекции высокобелковых и высоколизинных сортов ячменя. Наличие таких мутантных форм, как Хайпроли и Ризо 1508, дает основание надеяться на получение сортов с уровнем лизина 4,8% на 100 г белка при 15–16% белка в абсолютно сухом зерне.

Высоколизинные формы кукурузы получены в результате скрещивания обычной кукурузы с формами, имеющими гены Опейк 2 и Флаури 2. Эти гены снижают долю спиртосодержащих белков-зеинов, имеющих низкую биологическую ценность, и за счет этого повышают долю других белков (глобулинов, альбуминов, глютенинов). В результате ценность белка существенно возрастает. Путем направленного мутагенеза в ген спирторастворимого белка зерна кукурузы  $\alpha$ -зеина введены дополнительные кодоны лизина, что повысило его содержание в белке зерна. Создание сортов с измененным аминокислотным составом имеет большое значение для животноводства. Так, использование высоколизинной кукурузы позволяет снизить затраты кормового зерна на 20–25%.

## 1.2. Белки

Белки — необходимые для любой живой клетки компоненты, которые обеспечивают и поддерживают ее жизнедеятельность. Молекулы белков представляют собой биополимеры, состоящие в основном из аминокислот. Аминокислоты — это первичные азотистые вещества растений, кото-

рые синтезируются с использованием минерального азота, поступающего, в основном, из почвы. В настоящее время известно более 200 аминокислот, но только 18 из них принимает участие в синтезе белков. В синтезе белков, кроме данных аминокислот, участвуют также два амида — аспарагин и глутамин.

Для питания человека особенно важны незаменимые аминокислоты, синтез которых из других органических веществ невозможен и их необходимо получать с пищей. К незаменимым для взрослого человека аминокислотам относятся лизин, триптофан, треонин, лейцин, валин, изолейцин, фенилаланин. Для детей и некоторых групп животных незаменимыми аминокислотами являются также аргинин, гистидин и цистеин.

Недостаток незаменимых аминокислот приводит к ослаблению синтеза белка, что может привести к тяжелым заболеваниям человека. Недостаток этих аминокислот в растительных кормах существенно снижает выход продукции животноводства и удорожает ее. В среднем для человека ежедневно необходимо потреблять, в г: 5 — валина, 7 — лейцина, 4 — изолейцина, 5,5 — лизина, 1 — триптофана, 4 — треонина, 3,5 — метионина и 5 — фенилаланина. Чаще всего в кормах животных недостаточно лизина, триптофана и метионина. Для получения сбалансированного корма разработан микробиологический синтез данных аминокислот промышленным способом. Однако данную проблему у ряда культур можно решить и селекционным путем.

Кроме аминокислот в состав белковых молекул могут входить также другие органические и неорганические компоненты. В белках содержится примерно 50–55% углерода, 20–24% кислорода, 7% водорода, 0,5–3% серы. В состав некоторых белков могут входить фосфор и металлы.

В каждой растительной клетке одновременно находятся несколько тысяч различных белков, которые выполняют самые различные функции: ферментов, структурных основ мембран и внутриклеточных органов, защитную (белковые антитела и стрессовые белки), регуляторную и транспортную, запасную.

Запасные белки растений в значительной степени определяют питательную, кормовую и технологическую ценность продукции растениеводства. В зерновках злаковых растений содержится 9–18%, кукурузы, риса — 6–10%, клубнях картофеля — 1,5–2%, бобовых трав — 15–25% белка. Максимальное количество белков продуцируется в зерне зернобобовых культур (20–30%), сое, люпине (30–40%), маслячных культур (15–30%).

Аминокислотный состав суммарных белков различных зерновых культур с точки зрения состава эталонного белка для питания людей или белка коровьего молока, свидетельствует, что белки всех злаковых культур, за исключением овса, чрезвычайно бедны лизином (табл. 1).

Содержание белка и лизина у разных культур

Культура	Сырой белок, % сухого вещества	Лизин, г на 100 г белка
Пшеница	13,5	2,6
Рожь	11,5	3,8
Ячмень	12,5	3,2
Овес (без пленки)	17,1	4,2
Кукуруза	9,6	2,5
Просо	11,0	2,2
Горох	22,7	6,5
Соя	39,0	6,6
Коровье молоко	33,5	6,6

Белки бобовых культур – гороха и сои – по содержанию лизина приравниваются к белку коровьего молока. Для белков злаковых характерен также некоторый дефицит изолейцина (за исключением сорго и риса), в то время как белки бобовых содержат значительное количество этой аминокислоты. Кукуруза, просо, овес и рис отличаются довольно высоким уровнем метионина в суммарном белке (2–3%). Относительно мало метионина в белке пшеницы, сорго, ячменя и ржи. Семена бобовых особенно бедны серосодержащими аминокислотами. Белки пшеницы, помимо триптофана. Среди злаковых культур наиболее сбалансированными белками обладают овес, рис и рожь.

Для оценки качественного состава белка необходимо знать его фракционный состав, а также содержание аминокислот в суммарных фракциях и составляющих ее субкомпонентах.

Т. Б. Осборн еще в 1907 г. разработал методику экстракции зерновых белков и предложил их классификацию по принципу растворимости. При последовательной обработке муки водой, 5–10%-ным раствором хлорида натрия, 70%-ным водным спиртом и 0,1–0,2%-ным раствором едкого натра им были экстрагированы белковые фракции, названные соответственно: водорастворимые – альбумины, солерастворимые – глобулины, спирторастворимые – проламини и щелочерастворимые – глютелины. Этот метод, ставший классическим, принципиально не изменился до наших дней.

В настоящее время имеются и другие классификации белков: по степени электрофоретической подвижности, расположению в клеточной структуре эндосперма, функциональной характеристике и другим свойствам. Все они, дополняя друг друга, расширяют наши познания о белках (табл. 2).

Схема классификации белков элюэперма (по П. Л. Кенту)

Основа классификации	Белковые фракции			
	Быстрорастворимые	Средней подвижности	Медленно движущиеся	Нетвердые
Экстролиты на крахмальном геле	Альбумины	Глобулины	Прозовины	Глютеины
Белки по Осборну	Вода	Солевой раствор	70%-ный водный спирт	Щелочной раствор
Растворитель	Цитоплазма (привлекающая к мембранам)	Цитоплазма (мембраны и «идиоцитозоматический ретикулум»)	Гранулы (белковые тела)	
Расположение в клетке	Обменные (ферменты)	Структурные и ферменты	Запасные	
Функции в клетке	Больше	Больше	Меньше	
Амплотелотный состав, основан на аминокислотах (лизин, аргинин)	Меньше	Меньше	Больше	
Глютами, пролин				
Экст-фермоал фрагментация по Гессу	«Хафт» (гиперрецептивный белок)			
	«Дивелло» (промаслующий белок)			

Альбумины и глобулины представлены в основном ферментами и структурными белками. Наиболее значительная часть альбуминов и глобулинов локализована в зародыше и алейроновом слое. Они входят в состав мембран субклеточных органоидов клетки, образуют белки рибосом, митохондрий, эндоплазматического ретикулума. В сложных белках – нуклеопротеидах, липопротеидах, фосфопротеидах и других – белковая часть представлена альбуминами и глобулинами.

Наибольшую часть белка злаковых и бобовых (до 80%) составляют запасные белки, которые локализованы в эндосперме и семядолях и не обладают ферментативной активностью.

У бобовых (табл. 3) они представлены главным образом солерастворимой фракцией (глобулинами), а у злаковых – спирторастворимой (проламины) и щелочерастворимой (глотелины).

Таблица 3

Содержание белковых фракций в целом зерне злаковых и бобовых культур (азот фракций в % от общего азота зерна)  
по В. Г. Рядчикову

Культура	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глотелины	Неселковый азот	Склеропротеины (неизвлекаемые)
Пшеница мягкая	16,1	12,4	28,3	23,5	8,3	10,4
Пшеница твердая	14,6		42,1	38,4	-	-
Рожь озимая	21,3	12,1	27,1	20,3	12,9	6,3
Ячмень	6,1	7,2	39,7	24,5	4,5	18,0
Кукуруза	8,9	4,4	27,8	37,5	5,9	14,4
Сорго	4,9	6,1	47,1	29,0	-	-
Овес	7,5	31,2	13,7	32,1	4,2	11,2
Рис нешлифованный	11,1	4,8	4,4	5,8	0,7	16,2
Соя*	73,0	6,0	-	5,0	11,2	3,8
Горох*	41,0	28,0	-	10,0	20,4	3,5

*Примечание.* Для сои и гороха в графе «Альбумины» показаны белки, извлеченные водой. Основная часть белков этой фракции представляет собой глобулины. Глотелины бобовых скорее всего являются глобулинами, более прочно связанными с полисахаридным комплексом.

По аминокислотному составу для всех альбуминов характерно высокое содержание важнейших незаменимых аминокислот, в частности лизина, треонина, метионина, изолейцина и триптофана, а из заменимых — глутаминовой и аспарагиновой. Наиболее высоким содержанием лизина отличаются суммарные альбумины овса, риса и проса, более низким — пшеницы, ячменя, сорго и ржи (табл. 4).

Таблица 4

Аминокислотный состав суммарных альбуминов зерна,  
г на 100 г белка (по В. Г. Рядчикову)

Аминокислота	Пшеница	Рожь	Ячмень	Овес	Кукуруза	Просо	Сорго	Рис
Лизин	3,9	4,2	4,5	8,2	5,1	6,5	4,4	7,7
Гистидин	3,4	3,9	2,0	2,9	2,8	2,6	2,9	2,6
Аргинин	5,9	6,3	5,9	5,3	8,1	9,1	9,9	6,8
Аспарагин	5,9	6,8	9,0	12,2	8,5	4,6	15,8	10,6
Треонин	2,4	7,7	4,7	5,6	4,6	4,6	4,9	6,1
Серин	4,6	3,8	4,4	6,6	6,1	4,5	6,2	5,8
Глутаминовая	19,5	15,1	12,1	13,7	13,5	21,2	16,4	10,3
Пролин	10,0	4,2	5,6	6,1	7,3	4,9	6,1	7,2
Глицин	3,2	6,9	5,4	6,7	6,2	6,3	9,9	6,7
Аланин	3,4	5,7	5,3	8,0	8,1	6,9	7,4	6,7
Цистин	3,7	—	3,9	1,4	2,0	2,4	2,9	1,5
Валин	5,7	2,7	6,1	6,6	7,5	5,1	8,9	7,5
Метионин	1,8	3,3	2,0	2,4	1,5	1,7	2,9	2,6
Изолейцин	3,6	—	3,7	4,8	5,3	3,1	3,1	6,0
Лейцин	6,7	—	6,6	8,6	9,3	6,0	6,8	8,8
Тирозин	3,9	5,7	4,0	3,1	2,7	3,1	3,8	4,1
Фенилаланин	3,8	7,8	3,7	7,3	4,4	3,3	4,1	5,8
Триптофан	2,8	1,6	1,8	1,7	2,0	1,5	2,9	2,0

Глобулины зерна злаковых культур, как и альбумины, характеризуются относительно высоким содержанием лизина (табл. 5). Однако у пшеницы, проса, сорго, риса и овса глобулиновая фракция беднее лизином, чем альбуминовая у тех же видов зерна. Для глобулинов всех культур характерно высокое содержание аргинина (кукуруза — 12,5%, рис — 16,6%).

Аминокислотный состав суммарных глобулинов зерна,  
г на 100 г белка (по В. Г. Рядчикову)

Аминокислота	Пшеница	Ячмень	Овес	Кукуруза	Просо	Сорго	Рис
Лизин	3,0	4,7	5,5	6,0	4,4	3,1	2,8
Гистидин	5,2	2,5	2,9	3,0	2,6	1,9	1,9
Аргинин	8,2	10,6	9,7	12,5	13,3	6,7	16,9
Аспарагиновая	7,1	10,9	8,8	7,7	7,4	8,4	5,6
Треонин	2,0	5,1	3,6	3,3	3,2	3,9	2,6
Серин	6,7	6,2	4,9	5,6	5,9	6,5	6,4
Глутаминовая	11,6	14,0	20,2	16,8	20,3	14,9	18,2
Пролин	2,2	4,2	5,4	3,8	4,6	5,4	6,5
Глицин	9,0	5,5	5,4	5,5	5,4	6,1	6,7
Аланин	3,3	4,8	5,7	5,8	6,7	6,0	4,9
Цистин	1,9	2,3	1,3	1,2	4,1	1,5	3,8
Валин	4,6	6,3	4,9	5,7	5,0	5,4	5,6
Метионин	1,1	1,1	1,8	1,2	0,7	2,7	1,9
Изолейцин	3,7	3,3	4,3	3,0	2,7	3,4	2,9
Лейцин	11,5	6,5	6,8	5,9	5,2	5,9	6,4
Тирозин	3,2	3,1	2,4	3,1	3,0	4,8	2,9
Фенилаланин	3,5	4,5	5,9	4,6	3,3	5,0	3,6
Триптофан	1,2	1,1	0,9	0,8	0,5	1,3	1,3

**Проламины.** В связи с высоким уровнем пролина спирторастворимые белки и получили название проламинов. На долю пролина и глутаминовой кислоты приходится 60% всех аминокислот в глиадине, 50% в секалине ржи и 47% в авенине овса (табл. 6). При этом аминокислотный состав проламинов мало подвержен изменчивости под воздействием внешних факторов.

Таблица 6

Аминокислотный состав суммарных проламинов зерна, г на 100 г  
белка (по В. Г. Рядчикову)

Аминокислота	Пшеница (глютеин)	Рожь (секалин)	Ячмень (гордеин)	Овес (авенин)	Кукуруза (зеин)	Просо (панцин)	Сорго (кафирин)	Рис (оризин)
Лизин	0,7	0,6	1,0	3,3	0,2	0,1	0,4	0,4
Гистидин	2,2	0,9	1,6	1,7	1,0	3,8	0,7	1,3
Аргинин	2,5	1,6	3,1	4,8	1,3	2,8	1,5	2,9
Аспарагиновая	2,5	1,7	2,0	3,3	4,9	2,1	7,0	10,2
Серин	1,6	2,1	2,3	2,3	2,8	1,7	2,2	3,1
Треонин	4,0	4,7	3,1	2,9	4,9	4,6	3,1	5,6
Глютаминовая	43,3	30,6	34,7	37,6	21,4	13,7	28,3	22,6
Пролин	14,0	19,3	17,0	9,1	9,2	6,3	12,6	11,9
Глицин	1,4	2,0	1,2	2,4	1,1	1,6	0,6	4,2
Аланин	1,9	2,2	1,7	4,4	8,8	10,3	12,7	8,0
Цистин	1,9	2,0	1,9	4,2	1,0	0,9	Следы	0,6
Валин	3,7	3,8	3,8	5,9	3,6	3,2	3,9	7,2
Метионин	1,2	0,8	1,4	3,7	0,9	2,4	1,0	1,3
Изолейцин	3,8	2,9	3,5	3,7	3,3	2,7	3,8	6,6
Лейцин	7,2	4,9	6,6	10,6	18,6	7,3	18,1	16,9
Тирозин	2,7	0,9	2,5	1,7	5,0	2,0	3,6	4,5
Фенилаланин	5,4	4,9	7,3	7,0	6,9	3,2	4,8	6,4
Триптофан	0,7	0,5	1,1	1,2	0,1	2,3	0,1	1,0

Характерной особенностью проламинов является низкое содержание лизина. В зерне кукурузы и паницине проса обнаруживают лишь следы лизина, очень мало его в кафирине сорго, глютеине пшеницы — 0,7%, секалине ржи — 0,6%. Авенин овса имеет довольно высокий для проламинов уровень лизина — 3,3%.

Бедность лизином проламинов и высокий уровень этой фракции в белке являются основной причиной несбалансированности зерна большинства злаковых культур по лизину. Помимо недостатка лизина, проламины также бедны аргинином, гистидином, треонином и триптофаном. Триптофан практически отсутствует в зерне кукурузы и кафирине сорго.

Глютелины составляют наибольший удельный вес в общем белковом фонде зерна злаков. Суммарные глютелины по аминокислотному составу занимают промежуточное положение между проламинами и глобулинами. В целом белок глютелинов лучше сбалансирован по амино-

кислотам. Содержание лизина в глютелинах пшеницы 1,7%, ржи – 2,3%, ячменя – 4,0%, кукурузы – 2,4%, овса – 5,0%.

В глютелинах пшеницы, как и в глинах, уровень лизина невысокий. Если учесть, что на долю этих двух фракций в пшеничной муке приходится более 80% белка, а в целом зерне 50–60%, то нетрудно понять причины, обуславливающие низкое содержание лизина в белке пшеницы.

У шлифованного риса 80% всего белка составляют глютелины (оризенины), содержащие, по данным разных авторов, от 2,6 до 4,0% лизина. Это обеспечивает весьма удовлетворительную полноценность зерна по аминокислотному составу (табл. 7).

Таблица 7

Аминокислотный состав суммарных глютелинов зерна,  
г на 100 г белка (по В. Г. Рядчикову)

Аминокислота	Пшеница (глютелины)	Рожь	Ячмень	Овес	Кукуруза	Просо	Сорго	Рис (оризенины)
Лизин	1,7	2,3	4,0	5,0	2,4	2,1	3,1	4,0
Гистидин	1,9	1,4	2,1	3,1	3,8	1,6	3,1	2,2
Аргинин	3,2	3,4	5,5	9,5	4,5	4,9	5,9	7,5
Аспарагиновая	2,7	5,0	7,1	10,6	4,3	6,4	9,1	7,6
Треонин	2,9	2,7	4,2	4,4	3,6	2,9	4,9	4,1
Серин	5,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,4	5,4	4,8
Глютаминная	37,4	19,9	19,5	17,5	22,0	21,7	24,1	15,7
Пролин	14,4	8,7	8,7	5,4	11,9	9,4	14,9	5,4
Глицин	4,8	6,2	4,5	5,0	4,0	2,7	5,3	4,1
Аланин	2,3	4,3	6,7	5,1	7,5	10,4	9,4	5,4
Цистин	1,7	3,1	1,2	0,9	1,4	1,2	1,2	0,5
Валин	3,6	3,8	6,6	5,5	5,0	4,1	5,5	6,4
Метионин	1,6	1,4	1,9	1,8	3,1	1,4	1,2	1,9
Изолейцин	3,0	2,8	5,2	5,0	3,0	3,8	4,1	5,8
Лейцин	6,5	4,9	8,7	8,1	12,3	10,2	12,5	9,3
Тирозин	4,1	2,1	3,9	4,9	4,7	4,4	3,2	3,8
Фенилаланин	4,5	3,5	5,1	6,8	4,9	4,9	4,9	5,7
Триптофан	0,8	1,4	1,3	–	0,9	0,7	1,0	1,2

Основными фракциями овса являются глобулины и глютелины, в которых содержится соответственно 5,5 и 5,0% лизина, что и определяет хорошую сбалансированность овса по лизину.

Характерной особенностью глютенинов является высокая молекулярная масса (от 350 тыс. до 1-2 млн).

Изучению компонентного состава и физико-химических свойств глютенинов посвящено значительное количество работ. Наиболее полно изучены глютенины пшеницы как в виде изолированной фракции, так и в составе клейковины, представляющей глиадиново-глютениновый комплекс. Клейковина, как известно, определяет технологические свойства теста, его упругость, эластичность, растяжимость и связность. От качества клейковины зависит качество хлеба.

### 1.3. Селекция на повышение количества и качества белка

Количество и качество белка контролируются генетически. Выявление генетических источников, способных изменить соотношение белковых фракций в сторону увеличения наиболее ценных по аминокислотному составу, является одной из основных задач в селекции при создании высококачественных сортов. В то же время на степень проявления генетически запрограммированного содержания и состава белка влияют погодные условия формирования урожая, применяемые удобрения и др.

Чаще всего у высокобелковых генотипов кукурузы и других злаковых культур содержание проламиновой фракции выше, чем у низкобелковых. Уровень же альбуминов и глобулинов ниже. Поэтому содержание лизина (г на 100 г общего белка) понижается. В связи с этим биологическая ценность белка у высокобелковых форм ниже, чем у низкобелковых. В то же время абсолютное количество лизина в зерне высокобелковых форм повышается. Обратная корреляция между содержанием лизина и белка практически отсутствует у риса, овса и бобовых культур, так как основные фракции этих культур (глютенины и глобулины) имеют высокий процент лизина. Таким образом, увеличение содержания белка у риса, овса и бобовых культур, в том числе и селекционным путем, не приводит к снижению уровня лизина в белке.

У пшеницы и ячменя коэффициент корреляции между абсолютным увеличением содержания лизина и зерне и повышением уровня белка несколько ниже, так как у высокобелковых форм значительно больше малопенных фракций (проламинов и глютенинов). У высокобелковых форм кукурузы и сорго происходит наиболее сильное снижение лизина в белке и наименьшее повышение его в зерне. Это обусловлено тем, что увеличение содержания белка происходит за счет проламиновой фракции (зеина у кукурузы и кафирина у сорго), практически не содержащей лизина. Питательная ценность такого белка очень низкая.

С увеличением содержания белка в зерне основных злаковых культур (пшеницы, ячменя, кукурузы, сорго) под действием азотных удобрений также повышается доля проламиновой и глютениновой фракций и сни-

жается количество полноценных белков (альбуминов и глобулинов). Биологическая ценность суммарного белка понижается.

У сои увеличение уровня белка под влиянием высоких доз азота сопровождается снижением наиболее дефицитной аминокислоты — метионина (г на 100 г белка). Повышение белка у риса после внесения азотных удобрений происходит за счет увеличения глютелиновой фракции оризенина, более богатого лизином, чем оризин (проламиновая фракция), а у овса в результате более или менее равномерного возрастания всех фракций, поэтому биологическая ценность белка у этих культур сохраняется.

Большое значение повышения белковости зерна общепризнано. Однако возможность достичь ощутимых результатов путем селекции часто вызывает сомнение. Белковость является количественным признаком с полигенным наследованием и высокой чувствительностью к условиям внешней среды. Условия среды по своему действию часто превышают действие генотипа. При полигенном наследовании нет четкого расщепления у потомства по признаку белковистости, свойственному родительским формам. Поэтому селекция на повышение содержания белка представляется более трудной задачей, чем на улучшение качества белка, которое контролируется чаще всего одним или несколькими генами.

Серьезной проблемой является существующая у злаковых культур обратная зависимость между продуктивностью и содержанием белка. Эту особенность часто объясняют наличием антагонизма между процессами синтеза белка и крахмала. Накопление крахмала положительно коррелирует с урожаем зерна. Эта закономерность проявляется в существенном снижении процента белка у современных сортов и гибридов пшеницы, ячменя, кукурузы и других культур по сравнению с его уровнем у старых, менее продуктивных сортов.

Однако при расчете сбора белка с единицы площади оказывается, что сорта интенсивного типа не только не уступают, но часто существенно превосходят по этому показателю старые высокобелковые сорта. Вынос азота из почвы не уменьшается, и повышение продуктивности не приводит к снижению способности новых сортов накапливать белок. Изменяется лишь пропорция между белком и небелковыми веществами в сторону увеличения доли крахмала. Пониженная белковость зерна современных сортов интенсивного типа в условиях производства объясняется тем, что они резко снижают этот показатель при ухудшении условий выращивания. На современном этапе важную роль в повышении качества товарного зерна играет агротехника.

В селекции на содержание и качество белка выделяют следующие основные направления:

- увеличение содержания белка при сохранении его качества и одновременном повышении урожаев. Это направление очень перспективно в селекции риса, ржи, овса, ячменя, бобовых культур, которые не имеют значительного сдвига в увеличении фракций с низким содержанием лизина по мере повышения содержания белка в зерне. Перспективно это направление и для пшеницы, у которой с возрастанием проламиновой фракции уровень лизина в суммарном белке снижается незначительно, в то время как его абсолютное увеличение в зерне существенно. Путем аккумуляции большого числа аддитивных минорных генов в генотипе возможно повысить белковость. Создание более урожайных сортов без сдвига у них уровня белка даст возможность увеличить сбор белка с единицы площади;

- улучшение аминокислотного состава белка при сохранении его уровня. Примером может служить мутантная кукуруза с генами Опейк 2 или Флаури 2, у которой депрессирован синтез малоценной проламиновой фракции. Эти мутации встречаются редко и требуют весьма объемной оценки селекционного материала. Учитывая, что белок зерна злаков часто не сбалансирован по аминокислотам, благодаря повышению лизина в белке даже при некотором снижении последнего можно получить более питательный и экономически выгодный продукт с хорошим соотношением белка, лизина и энергии; количественное увеличение белка при одновременном улучшении его качества. Ячмень Хайпроли и высокобелковые формы Опейк 2 как раз обладают этими двумя свойствами. Однако путь этот наиболее трудный, поскольку частота подобных мутаций очень редкая.

Среди других способов улучшения качества белка перспективными могут быть следующие:

- увеличение размера зародыша и соотношения зародыша и эндосперма, что вполне возможно, так как в пределах одного вида (например, кукурузы) различия по величине зародыша значительны, а зародыш наиболее богат и сбалансирован по аминокислотному составу;

- увеличение алейронового слоя. Наследственные различия по числу слоев алейроновых клеток отмечены для риса, ячменя, кукурузы;

- увеличение уровня дефицитных незаменимых аминокислот в свободном состоянии. Возможны мутации, вызывающие повышение активности лизинсинтезирующих ферментов, наподобие отмечаемых у микроорганизмов;

- селекция отзывчивых к внесению азота генотипов, обладающих эффективной системой синтеза белка при одновременном росте урожая;

- прямое или косвенное использование диких растений, окультуривание некоторых растений с качественным белком при избавлении от токсических веществ;

— отдаленная гибридизация (межвидовая и межродовая). Пшенично-ячменные, пшенично-пырейные, кукурузотесосиновые и другие гибриды, тритикале могут сочетать высокое содержание белка и лизина.

#### 1.4. Антиметаболиты и токсические вещества

Считают, что естественные продукты безвредны, однако это не всегда верно. В растениях найдены сильнодействующие яды и вредные для живого организма вещества (трипсиновые ингибиторы), содержащиеся в семенах почти всех бобовых культур; полифенольные соединения (танины сорго, госсипол хлопчатника, резорцинолы ржи и тритикале), которые образуют соединения с активными группами аминокислот, а также комплексы, недоступные для ферментативного гидролиза в пищеварительном тракте.

В семенах многих бобовых культур содержатся белково-подобные вещества — фитогемагглютенины, способные агглютинировать красные кровяные тельца, а также гойтерогены (у сои, арахиса), связывающие йод и способствующие развитию базедовой болезни. Гойтерогены найдены у многих крестоцветных (у рапса и горчицы — глюкозинолаты).

Значительное число растений относится к потенциально токсичным из-за содержания гликозидов, которые в желудочно-кишечном тракте в результате гидролиза высвобождают синильную кислоту, причем наибольшее количество гликозидов отмечено у бобовых культур. В практике известны случаи отравления животных синильной кислотой при поедании больших количеств зеленого клевера (особенно ползучего), вики, донника, сорго.

У ряда растений питательная ценность снижается из-за наличия алкалоидов. Так, несмотря на высокое содержание белка и хороший баланс аминокислот, многие виды люпина не используются в кормлении животных из-за значительного содержания алкалоидов.

В селекции культур, у которых отмечено содержание вредных и ядовитых веществ, оценка и отбор на их пониженное содержание должны проводиться с ранних этапов селекционного процесса.

#### 1.5. Методы качественной оценки

Одним из главных факторов в создании высококачественных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур является правильно организованная работа по оценке селекционного материала. В зависимости от целей этой работы, этапа селекции, видов и особенностей культуры должны строиться программы химической, биохимической и технологической оценок и, соответственно, выбор наиболее подходящего метода или комплекса методов, учитывая их точность, производительность и материально-технические затраты.

## 1.6. Химическая оценка селекционного материала

Поскольку питательность зерна злаковых культур лимитируется недостаточным уровнем белка и лизина, в оценке качества этих культур наибольший объем анализов приходится на определение их содержания, а для зерна бобовых культур и кукурузы, кроме этого, — метионина и шистина. Высоколизинные мутанты изучают по аминокислотному и фракционному составу, в ряде случаев используют электрофоретический спектр белков, распределение белков в зерновке и др. У таких культур, как сорго, тритикале, люпин и др., определяют содержание токсических веществ (танинов, резорцинолов, алкалоидов и др.).

На первых этапах, когда имеются небольшие количества семян, содержание белка обычно определяют микро- или полумикрометодом по Кьельдалю, а содержание лизина — на аминокислотном анализаторе, методами поглощения красителя, микробиологическими и др. Для анализа обычно бывает достаточно 1–2 зерен, при этом на белок и на лизин — по 400 мг. В отдельных случаях прибегают к анализу зерен, отрезая от зерновки часть без зародыша и используя вторую часть с зародышем для выращивания растения.

На более поздних этапах содержание белка определяют макрометодом по Кьельдалю, лизина — на автоматическом аминокислотном анализаторе, микробиологически, методом поглощения красителя. Кроме стандартного метода Кьельдаля, в ряде случаев используют колориметрический, нейтронно-активационный, биуретовый методы, инфракрасную спектроскопию.

Оценку высокобелковых и высоколизиновых форм и гибридов необходимо проводить в разных экологических условиях при стандартных и повышенных дозах удобрений (особенно азотных), разных условиях влагообеспеченности, с учетом площади питания и других факторов, так как они сильно влияют на уровень белковости. При этом следует учитывать выполненность зерна, так как у мелкого и шуплого зерна более высокий процент белка за счет раннего обезвоживания и недостаточного синтеза запасных белков (глиадинов и глютеинов) на фоне более высокого уровня альбуминов и глобулинов, вследствие чего увеличивается и содержание лизина.

Кроме того, у пшеницы, ржи и других зерновых культур, используемых для переработки, необходимо определять содержание белка и лизина не только в целом зерне, но и в муке без отрубей и в крупе, так как значительная часть этих веществ локализуется в верхних слоях зерна и в зародыше. Они уходят в отрубь и не попадают в сортовую муку и крупу. В ряде стран, в частности, в Германии, ценность зерновых определяют как раз после переработки.

Оценка сортов пшеницы на содержание белка и лизина показала высокую корреляцию между содержанием белка в эндосперме и целом зерне ( $r = 0,95$ ). Корреляция между содержанием лизина в белке целого зерна и в белке эндосперма была низкая ( $r = 0,29$ ). Следовательно, отбор по белку в зерне является правомерным и для отбора по белку в муке. В случае же отбора на лизин по определению в целом зерне может быть несоответствие его количеству в муке.

### 1.7. Биологическая оценка

Биологическая оценка наиболее перспективных линий проводится при кормлении лабораторных или сельскохозяйственных животных. Она позволяет выявить степень корреляции между химическим составом зерна (белок, лизин и др.) и ожидаемым биологическим действием на организм животных и человека, наличие неудовлетворительной переваримости белка и доступности аминокислот, а также неблагоприятных побочных факторов — антиметаболитов, токсических веществ, привкусов и т. д.

Показатели роста и развития животных, эффективности использования питательных веществ дают надежное представление о качестве продукта и не могут быть заменены данными химического анализа.

Для культур, среди которых часто встречаются формы с высоким содержанием вредных веществ (сорго, тритикале, люпина и др.), необходима биологическая оценка на самых ранних этапах селекции.

Основными показателями биологической ценности белков являются: рост животных (прирост массы за определенный период времени), расход белка и энергии на единицу прироста массы, коэффициенты переваримости и отложения белка (азота) в теле, доступность аминокислот.

Помимо прямых биологических методов изучения на животных и человеке, имеется ряд косвенных: химические с применением ферментов, с использованием микроорганизмов и насекомых.

### 1.8. Оценка технологических свойств

Оценка технологических свойств проводится у культур, используемых в мукомольной, хлебопекарной и крупяной промышленности.

Методы технологической оценки зерна подразделяют на прямые и косвенные. К прямым относятся определение выхода муки или крупы, оценка хлебопекарных качеств при пробной выпечке, кулинарных достоинств крупы при варке. Эти методы требуют достаточно больших навесок зерна, специального оборудования и значительных затрат времени. Поэтому на первых этапах селекционной работы чаще применяют косвенные методы, включающие изучение анатомических и морфологиче-

ских признаков (крупность, выравненность, пленчатость, форма и размеры зерна, структура эндосперма и др.).

Изучаемые косвенные показатели должны иметь высокую корреляцию с прямыми и отличаться надежностью, простотой и быстротой метода.

С развитием науки о зерне возрастает количество изучаемых признаков и свойств, а следовательно, и методов их определения. Отсутствие интегральных характеристик и требование полноты оценки обуславливают применение в общей сложности около трех десятков методов, которые не заменяют, а дополняют друг друга.

При оценке качества зерна важное значение имеет методика лабораторных анализов, так как небольшие ошибки методики приводят к существенным искажениям результатов технологической оценки зерна.

Методы оценки технологических свойств в зависимости от целевого назначения можно условно разделить на несколько групп:

- 1) применяемые в селекционных учреждениях на разных этапах селекции;
- 2) в процессе Государственного сортоиспытания;
- 3) при апробации, приеме зерна, муки и крупы и отпуске их на хлебоприемных предприятиях;
- 4) при оценке мукомольных, хлебопекарных и крупяных качеств непосредственно на заводах.

Эта классификация является условной, так как на разных этапах движения зерна и продуктов его переработки часто применяют одни и те же методы.

В зависимости от используемой навески существует деление на микро-, полумикро- и макрометоды.

Очень важным условием правильной оценки качественных показателей является соответствие их на разных этапах, т. е. наличие прямых корреляций между методами оценок.

### 1.9. Отбор по качественным признакам

Результативность селекции на качество во многом зависит от эффективности избранной системы оценок и отбора по отдельным признакам. Безусловно, интуиция селекционера, его талант и уровень подготовки по-прежнему играют важнейшую роль, но по целому ряду признаков, которые не поддаются визуальной оценке, отбирать следует на основе результатов специальных анализов и статистической их интерпретации. Необходимо разрабатывать не только практические, но и теоретические основы отбора на качество.

Разберем некоторые подходы к этим проблемам на примере наиболее изученной культуры — пшеницы.

Все показатели качества зерна пшеницы — цвет, крупность, стекловидность, содержание белка, физические свойства теста и другие — относятся к количественным признакам, проявление которых зависит от взаимодействия регулирующих их сложной генетической системы и факторов внешней среды. Поэтому эффективность отбора по качеству зерна определяется надежностью избранной системы выделения форм, имеющих генетически обусловленные преимущества по данному показателю на фоне значительной фенотипической изменчивости. Для решения этой задачи проводятся различные методические исследования.

Известно, что наиболее интенсивный отбор осуществляют на начальных этапах селекционного процесса, в котором растения, как правило, выращиваются при широкорядном посеве. В то же время качество зерна, полученного с широкорядного и сплошного посева, по данным многих исследователей, различается по ряду показателей.

В Селекционно-генетическом институте (СГИ, г. Одесса) были проведены сравнения результатов оценки отдельных показателей качества зерна, выращенного двумя способами. Для этой оценки высевали широкорядным (45 см между рядами) и сплошным (15 см) способами 20 сортов озимой мягкой пшеницы. После уборки и анализа определяли коэффициент корреляции по каждому из показателей качества зерна.

Полученные данные свидетельствуют о том, что результаты оценки качества зерна, выращенного при широкорядном и сплошном посевах, как правило, однозначны, хотя по абсолютным величинам отмечаются довольно существенные различия. Для массы 1000 зерен коэффициент корреляции составил  $r = 0,83$ , натуре —  $0,73$ , общей стекловидности —  $0,70$ , показателя седиментации —  $0,90$ , удельной работы деформации теста по альвеографу —  $0,83$ , общей оценки хлеба —  $0,84$ .

Наименьший коэффициент корреляции был при оценке содержания сырой клейковины ( $r = 0,49$ ). Это объясняется тем, что у этого показателя значительная фенотипическая изменчивость. Недостаточная сопряженность отмечена также по таким признакам, как растяжимость теста при оценке его на альвеографе и расплываемость подового хлеба.

В Московской с.-х. академии при проведении сравнительной оценки надежности определения ряда признаков у 15 сортов мягкой яровой пшеницы в селекционных питомниках разных типов (узкорядный посев с защитными рядами и без них, широкорядный посев), а также в контрольном питомнике и предварительном сортоиспытании было установлено, что по большинству изученных качественных признаков (стекловидность, масса 1000 зерен, показатель седиментации, содержание белка в зерне) сорта оценивались с достаточной надежностью.

Для правильного отбора важно знать, какова точность результатов, полученных при использовании данного метода или прибора.

При проведении многократных (25–50 повторений) анализов зерна и муки в СГИ по нескольким сортам озимой пшеницы в качестве критерия

рия точности метода был предложен коэффициент вариации, т.е. стандартное отклонение, выраженное в процентах. Наибольшей точностью отличались методики определения массы 1000 зерен ( $v = 1,7\%$ ), натуры (0,1%), стекловидности (1,1%), хлебопекарной оценки по принятой методике (3,2%), седиментации (3,7%). В то же время показатели альвеографа и фаринографа имели значительное варьирование (от 6,8 до 17,2%).

При проведении измерений с помощью какого-либо прибора или метода рекомендуется считать достоверно различающимися те образцы, разница между которыми превышает удвоенный коэффициент вариации.

Например, если при анализе на альвеографе коэффициент вариации удельной работы деформации теста  $w$  равен 6,8%, то достоверно различающимися по этому показателю следует считать образцы, у которых  $w$  отличается на 13,6%. Если у образца А  $w = 295$  е. а., а у образца Б — 320 е. а., то различие между ними недостоверно, так как  $2v\% = 41,8$  е. а., т. е. больше, чем разница между показателями, равная 25 е. а.:

$$2v\% = \frac{(295 + 320) \times 13,6}{2100} = 41,8 \text{ е. а.}$$

В селекционной практике при отборе образцов на точность влияют три фактора: ошибка метода, фенотипическая и генотипическая изменчивость. Об ошибке метода сказано выше. Для эффективного отбора необходимо выделить фенотипическую вариацию из суммарной аддитивной генетической и фенотипической.

Из закономерностей нормального распределения известно, что 95,5% всех вариантов совокупности находятся в пространстве, ограниченном  $\pm 2\sigma$ . Отсюда можно считать, что все растения или линии, отклоняющиеся от средней более чем на  $2\sigma$ , достоверно отличаются по генетически обусловленному уровню признака от среднего показателя. Величина  $2\sigma$  может быть принята как селекционный дифференциал, обеспечивающий достаточную эффективность отбора. Отбор таких растений позволит получить потомство, у которого данный признак будет усилен (+) или ослаблен (-).

Среднее квадратическое отклонение, характеризующее фенотипическую изменчивость признака в данных условиях, обозначают  $\sigma_e$ , т. е. стандартное отклонение сорта. Величина  $2\sigma_e$ , очевидно, может быть принята как селекционный дифференциал, обеспечивающий достаточную эффективность отбора.

При оценке технолого-биохимических признаков, как правило, проводится анализ зерна не одного растения, а линии или семьи, представленной 50–100 или большим количеством растений. Поэтому практически мы оперируем средними значениями, характеризующими фенотипи-

ческую и генотипическую изменчивость. Однако предложенные критерии показателя селекционного дифференциала остаются в силе.

Для проверки правильности таких предпосылок были проведены экспериментальные исследования, где высевали по типу селекционного питомника по 25–50 рядков 11 сортов озимой пшеницы и 10 гибридных комбинаций  $F_3$ – $F_4$ . Зерно, полученное с каждого ряда сортов или гибридов, подвергали анализу, определяли все основные показатели качества зерна, устанавливали размеры для каждого показателя.

Все семь гибридных комбинаций разделили на следующие группы:

- 1) показатели качества отличаются от средних по опыту меньше, чем на  $\sigma_c$ ,
- 2) отклонение больше, чем  $\sigma_c$ ,
- 3) отклонение больше, чем  $2\sigma_c$ ,
- 4) отклонение больше, чем  $3\sigma_c$ .

Изучение последующего поколения показало, что по большинству показателей отбор семей, отличающихся от средней на  $2\sigma_c$ , был достаточно эффективен. Исключением был только показатель стекловидности зерна, так как в опытах была высокая стекловидность (90–95%) и фенотипическая изменчивость оказалась низкой. По ряду признаков (масса 1000 зерен, седиментация, удельная работа деформации теста, объем хлеба) отбор оказался эффективным даже при выделении линий, отличающихся от средней более, чем на  $\sigma_c$ . Но, вероятно, такое явление наблюдается не во всех случаях.

На основании многолетних исследований в НИИСХ Юго-Востока при изучении эффективности отбора у яровой мягкой пшеницы В. М. Белякин пришел к выводу, что отбор фенотипов с отклонением значений признака на  $2\sigma_c$  в условиях селекционного питомника по твердозерности, качеству клейковины, характеристикам микрожстенограммы и объемному выходу хлеба приводил к положительным результатам.

Таким образом, можно считать, что величину селекционного дифференциала, необходимую для обеспечения достаточно высокой эффективности отбора по качественным признакам, можно приблизительно установить, исходя из изучения фенотипической вариации гомозиготных сортов при посеве их в условиях, в которых проводится отбор. Для большинства показателей он равен  $2\sigma_c$ , а для некоторых даже  $1\sigma_c$ . При этом необходимо следить за тем, чтобы полученные значения были больше, чем 2v% метода оценки.

Учитывая то, что показатели качества являются только одним из многочисленных признаков, по которым ведется отбор, очень важно повысить его точность и тем самым увеличить число отбираемых растений или семей. Для этого необходимо, чтобы значение  $\sigma_c$  было возможно ниже. Это достигается только созданием равных условий для всех выращиваемых растений.

Особенно это важно при селекции на высокую белковость зерна, так как полученная в опытах СГИ 1  $\sigma$  этого показателя в отдельных случаях достигает 1%, т.е.  $2\sigma_x = 2\%$  белка. В практике встречается очень мало семей или линий, которые при выращивании в пределах одного блока имели бы на 2% белка больше среднего уровня популяции или сорта. Это, естественно, снижает эффективность отбора.

Самый большой объем оценок приходится на селекционный питомник, через который проходят сотни, а нередко и тысячи номеров, из которых селекционер должен отобрать наиболее перспективные для доработки и более строгой и подробной оценки номера. Очевидно, первым и наиболее важным условием успешного отбора на первых этапах селекционного процесса должно стать создание более выровненного фона для выращивания селекционного материала. Это позволит существенно уменьшить значение  $\sigma_x$  и повысить эффективность отбора.

## Вопросы к главе 1

1. Чем определяется качество зерна?
2. Чем отличаются сбалансированные белки? Что такое незаменимые аминокислоты?
3. Классификация белков по Т. Б. Осборну.
4. Охарактеризуйте различные фракции белков.
5. Опишите корреляционные связи между повышением содержания белка в зерне и его сбалансированностью у различных культур.
6. Каковы особенности генетического контроля белковости и качества белка?
7. Назовите основные направления в селекции на содержание и качество белка.
8. Перечислите способы улучшения качества белка.
9. Какие вещества в сельскохозяйственных растениях снижают питательную ценность?
10. Какие показатели качества селекционного материала оценивают химическими методами?
11. Для чего проводится биологическая оценка качества перспективных линий?
12. Классификация методов оценки технологических свойств. У каких культур проводятся такие оценки?
13. Охарактеризуйте надежность качественных оценок селекционного материала.
14. Как оценить точность полученных результатов? Опишите факторы, влияющие на точность отбора.
15. Что такое селекционный дифференциал? Как повысить эффективность отбора?

### 2.1. Понятие о качестве зерна пшеницы. Задачи селекции

Понятие качества зерна складывается из многих признаков, которые определяются сортовыми особенностями, условиями и технологией возделывания, уборки, хранения и переработки зерна пшеницы. Качественные различия сортов пшеницы возникли в процессе естественной эволюции видов и под влиянием искусственного отбора в процессе селекции. Эти различия объясняются особенностями обмена веществ, которые выработались в зависимости от условий формирования видов и форм.

Наибольшее значение для формирования качества зерна имеют температура и влажность во время роста и развития растений, особенно в период налива зерна, а также обеспеченность растений питательными веществами. Высокая температура и недостаток влаги в период налива способствуют образованию в зерне большого количества белка сравнительно высокого качества. Совершенно обособленную категорию факторов, не связанную ни с сортовыми особенностями, ни с условиями возделывания пшеницы, составляют условия хранения и переработки зерна.

В улучшении качества зерна основная роль принадлежит селекции. Прежде всего, следует четко разделять задачи селекции в зависимости от целей использования пшеницы. Необходимы сорта сильных пшениц-улучшителей, сорта для выпечки хлеба и хлебобулочных изделий, для кондитерской промышленности, производства макарон, вермишели и круп, а также специальные фуражные сорта для комбикормовой промышленности.

Поэтому понятие качества зерна пшеницы необходимо рассматривать в двух аспектах: во-первых, с точки зрения пищевой или кормовой полноценности, зависящей от содержания и качества белка и других составных частей зерновки и, во-вторых, как выражение его технологических достоинств — пригодности зерна для производства хлеба. Здесь на первый план выступают структурные особенности белковой фракции и содержание белка в зерне, а также состояние углеводно-амилазного комплекса.

В селекции продовольственной мягкой пшеницы выделяют два направления: на дальнейшее повышение показателей технологических и биохимических свойств зерна и на стабильное сохранение высокого качества зерна при производстве пшеницы в различных климатических условиях.

Наиболее сложной и в то же время наиболее важной проблемой селекции является улучшение биологической полноценности зерна, т.е. создание пшениц с повышенным содержанием белка и улучшенным его аминокислотным составом.

Важная задача селекции на высококачественное зерно — сочетание в одном сорте высокой урожайности, хороших и отличных технологиче-

ских свойств, а также высокого содержания белка и незаменимых аминокислот. Несмотря на обратную связь урожайности с содержанием белка (а последнего – с содержанием лизина), современная селекция способна решить эти вопросы. Она располагает определенными теоретическими и практическими предпосылками для их решения, а также исходным материалом – сортами и образцами из мировой коллекции с близкой урожайностью, но различным уровнем содержания белка и незаменимых аминокислот и донорами отдельных ценных признаков.

Пшеницу подразделяют на типы по образу жизни и устойчивым видовым признакам, характеризующим ее технологические, пищевые и товарные достоинства, которые, в свою очередь, делят на подтипы по цвету и стекловидности.

Так, 1 тип – пшеница мягкая яровая красnozерная. Она включает:

- 1-й подтип: цвет темно-красный, стекловидность не менее 75%;
- 2-й подтип: цвет красный, стекловидность не менее 60%;
- 3-й подтип: цвет светло-красный, стекловидность не менее 40%;
- 4-й подтип: цвет желтого оттенка с преобладанием желтых и желтобоких зерен, стекловидность не менее 40%.

К этому типу относятся сорта пшеницы: Алтайская 81, Люба, Воронежская 10, Курганская 1, Омская 9, Саратовская 29, Московская 35, Иртышанская 10, Симбирка, Тулунская 12 и др.

2 тип – твердая яровая (дурум). Она имеет:

- 1-й подтип: цвет темно-янтарный, общей стекловидностью не менее 70%;
- 2-й подтип: цвет светло-янтарный, стекловидность не ограничивается.

Ко 2 типу относятся сорта Аннушка, Безенчукская 205, Омская янтарная, Оренбургская 21 и др.

3 тип – мягкая яровая белозерная. Она делится по стекловидности на 2 подтипа:

- 1-й подтип: стекловидность не менее 60%;
- 2-й подтип: стекловидность менее 60%.

К 3 типу относят сорта: Новосибирская 67, Саратовская 46, Саратовская 55 и др.

4 тип – пшеница мягкая озимая красnozерная. Она имеет:

- 1-й подтип: цвет темно-красный, общая стекловидность не менее 75%;
- 2-й подтип: цвет красный, общая стекловидность не менее 60%;
- 3-й подтип: цвет светло-красный, стекловидность не менее 40%;
- 4-й подтип: цвет желтый с преобладанием желтых и желтобоких зерен, стекловидность не менее 40%.

К 4 типу относятся сорта: Безостая 1, Донская безостая, Мионовская 808, Обрий, Волгоградская 84, Тарасовская 29, Юна, Скифанка, Дон 85, Донщина и др.

5 тип – пшеница мягкая озимая белозерная. Она не делится на подтипы. К ней относят сорта: Альбидум 28, Кинсовская 3 и др.



ся жидким при высоких температурах выпекания, что обеспечивает необходимое его расширение под действием разрыхлителей и существенно повышает качество конечного продукта.

Другим существенным показателем качества кондитерских изделий является содержание в муке белка. Белок весьма гидрофилен, поэтому чем ниже в кондитерской муке его содержание, тем пригоднее она для производства печенья. Содержание белка в зерле пшеницы кондитерского назначения не должно превышать 10%. Таким образом, перечень основных технологических показателей качества муки кондитерских пшениц противоположен показателям качества хлебопекарных пшениц.

В РФ практически нет сортов пшениц НВW (озимая твердозерная белозерная). В результате мука для изготовления таких высококачественных продуктов, как круассаны, в Россию импортируется.

Отдельное направление представляет селекцию кормовой (фуражной) пшеницы, от сортов которой требуется высокое содержание белка и дефицитных для пшеницы аминокислот (лизина, триптофана). Хлебопекарные качества ее низкие. Целесообразно создавать кормовые сорта пшеницы, маркированные необычной окраской зерна (фиолетовой, зеленой), что указывает на их целевое назначение.

## 2.2. Технологические свойства мягкой пшеницы

Возделываемые сорта пшеницы различают по их способности формировать в благоприятных для их возделывания почвенно-климатических зонах зерно с определенными технологическими свойствами. Это связано с проявлением генетически наследуемых качественных признаков, отличающих сорта по технологическим показателям.

К продовольственной группе относят мягкую пшеницу 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов по ГОСТ Р 52554-2006, пшеница 5-го класса предназначена для кормовых или технических целей.

К зерну сортов пшеницы, используемых для переработки на муку и приготовления хлебобулочных изделий, предъявляют специфические требования.

По технологическим свойствам все сорта мягкой пшеницы принято делить на три группы: сильные (strength), среднего качества – филлеры (filler) и слабые (weak). В основу деления положена возможность различного использования каждой группы вследствие различий по физическим свойствам теста.

К сильной мягкой пшенице относят сорта с содержанием белка не менее 14%, клейковины первой группы качества (280 е.а. при упругости теста не менее 100 мм и отношения ее к растяжимости – 1,2) – не менее 28%, с выходом хлеба со 100 г муки не менее 1000 см<sup>3</sup> и общей хлебопекарной оценкой не менее 4-х баллов. Мука из зерна сильной пшеницы требует большого количества воды для получения теста нормальной кон-

систенции с хорошей упругостью (эластичностью), высокой устойчивостью при замесе и способностью выдерживать длительное брожение, что очень важно для механизированного хлебопечения. Согласно ГОСТ Р 52554-2006 «Пшеница. Технические условия» к ней относят мягкую пшеницу 1-го и 2-го классов. При оптимальном замесе хлеб из сильной муки имеет тонкостенную пористость, большой объем и малую расплываемость.

Сорта пшеницы, которые по качеству зерна и технологическим свойствам близки к сильной пшенице, но отдельные показатели не соответствуют требованиям сортов-улучшителей, относят к ценной – средней по силе – пшенице (пшеница 3-го класса). Средняя по силе пшеница обладает хорошими хлебопекарными качествами, способна давать хлеб вполне удовлетворительного качества без добавления сильной пшеницы, но улучшать слабую пшеницу не может. Зерно пшеницы средней силы, как правило, содержит 11,0–13,9% белка, 25–27% клейковины. Клейковина таких пшениц относится ко второй группе качества.

Слабая пшеница имеет небольшую хлебопекарную силу. Отличается содержанием белка менее 11%, клейковины – менее 25% (3 группа качества). Мука такой пшеницы при замесе поглощает относительно мало воды, у теста в процессе брожения быстро ухудшаются физические свойства. Хлеб получается пониженного объема, расплывающийся на поду. Для получения стандартного хлеба зерно или муку слабой пшеницы улучшают, смешивая ее с зерном сильной пшеницы или мукой, полученной из него.

Технологические свойства являются более широким понятием в сравнении с силой пшеницы. Их связывают с особенностями зерна давать муку определенного качества при соответствующем оптимальном режиме технологического процесса.

Разработанная классификация сортов мягкой пшеницы по хлебопекарным качествам (табл. 10) позволяет определить место каждого сорта, рационально разместить сорта в зонах их производства и эффективно использовать их по целевому назначению.

В соответствии с этой классификацией все сорта мягкой пшеницы по качеству зерна делят на следующие группы:

1-я, 2-я, 3-я – пшеницы-улучшители (сильные);

4-я – наиболее ценные по качеству, т.е. сорта, близкие по технологическим показателям к группе удовлетворительных улучшителей, но несколько слабее их по хлебопекарной силе;

5-я и 6-я – сорта-филлеры, при этом хорошие филлеры пригодны для производства хлеба и хлебобулочных изделий без добавления муки сильной пшеницы, а удовлетворительные, как правило, нуждаются в добавке муки пшеницы-улучшителей для получения качественного хлеба;

7-я – слабые пшеницы, которые не рекомендуются для хлебопечения.

Таблица 10  
Классификация сортов мягкой пшеницы по хлебопекарным качествам (по Е. М. Белоусовой)

Показатель качества	Сильная пшеница				Наиболее ценная по качеству	Пшеница-фридлер		Слабая
	отличный улучшить	хороший улучшить	удовлетворительный улучшить	удовлетворительный улучшить		хороший	удовлетворительный	
Твердость, % не менее	60	60	60	60	50	40	—	
Содержание белка, % не менее	16,0	15,0	14,0	14,0	13,0	11,0	—	
Содержание клейковины в зёрне, % не менее	32,0	30,0	28,0	28,0	25,0	22,0	8,0	
Содержание клейковины в муке 70% выхода, % не менее:								
— рупый способ	36,0	34,0	32,0	32,0	29,0	25,0	20,0	
— на Г-двوماتке	31,0	32,0	30,0	30,0	27,0	23,0	18,0	
Качество клейковины в зёрне и муке, групп на (не ниже)	45-75	45-75	45-75	45-75	45-85	20-100	105-120	
Размягчение теста по фаринографу, с. ф., не более	30	50	60	60	80	120	Более 150	
Валориметрическая оценка, с. ф., не менее	85	80	70	70	55	45	Менее 30	
Удельная работа деформации теста по альвеографу, с. а., не менее	500	400	280	280	260	180	Менее 180	
Упругость теста по альвеографу, мм, не менее	100	90	80	80	70	60	Менее 50	
Отношение упругости теста к растяжимости по альвеографу	0,8-1,5	0,8-1,5	0,7-2,0	0,7-2,0	0,7-2,2	0,5-2,4	Более 2,6 Менее 0,3	
Объемный выход хлеба, см <sup>3</sup> на 100 г муки, не менее	1400	1300	1200	1200	1100	800	Менее 800	
Общая хлебопекарная оценка по проной лаборатории выпечке, балл	4,7	4,6	4,5	4,5	4,0	3,5	Менее 3,0	

Сорта сильной пшеницы делятся на группы качества (отличный, хороший и удовлетворительный улучшитель), поскольку среди зарегистрированных сортов имеются существенные различия.

К отличным улучшителям относятся сорта с очень высокими показателями хлебопекарных достоинств, существенно повышающими качество слабых пшениц при небольшой добавке. Такими являются сорта яровой пшеницы Саратовская 29, Саратовская 55, Тулунская 12 и др.

Сорта – хорошие улучшители отличаются несколько меньшими потенциальными возможностями, для улучшения хлебопекарных показателей слабых пшениц их требуется добавлять больше, чем отличных улучшителей. Мука отличных и хороших улучшителей может быть использована и для производства макаронных изделий.

В группу удовлетворительных улучшителей включают сорта, соответствующие минимальным нормативным требованиям, предъявляемым к сортам сильной пшеницы.

Наиболее ценные по качеству сорта по технологическим требованиям близки к группе удовлетворительных улучшителей, но отдельные показатели не соответствуют требованиям сортов-улучшителей. По хлебопекарным достоинствам такие сорта превосходят филлеры, и для рационального использования зерна таких сортов их выделяют в отдельную группу.

Следует отметить, что более полная реализация генетически наследуемых качественных признаков сильных пшениц проявляется в благоприятных для их возделывания почвенно-климатических условиях.

Основными зонами производства зерна яровой сильной пшеницы в СНГ являются Среднее и Нижнее Поволжье, Сибирь, Урал, Казахстан; озимой сильной пшеницы – Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область, Центрально-Черноземная зона России, Украина.

Однако в благоприятные годы даже в условиях Центральной Нечерноземной зоны большинство сильных и ценных сортов пшеницы способно формировать высококачественное зерно на уровне сильных и наиболее ценных по качеству и хороших филлеров.

### 2.3. Химический состав зерна пшеницы

Химический состав зерна в значительной степени обуславливает качество продуктов. Средние данные о химическом составе озимой и яровой пшеницы представлены в таблице 11.

Для каких бы целей ни использовалось зерно, его реальная ценность в значительной мере зависит от содержания белка. Во многих странах количество белка в зерне – основной показатель качества товарного зерна пшеницы. В нашей стране цена на зерно сильных и твердых пшениц регламентируется также и содержанием в нем клейковины, представляющей в основном гидратированное белковое вещество.

Таблица 11

## Химический состав зерна пшеницы, % (по Н. П. Козьминой)

Культура	Вода	Белок	Углеводы, кроме клетчатки	Жир	Клетчатка	Зола
Пшеница озимая	15,0	10,0	70,0	1,7	1,6	1,7
Пшеница яровая	15,0	13,2	66,1	2,0	1,8	1,9

Способность к накоплению белка зависит от сортовых особенностей пшеницы. Как правило, сорта сильной пшеницы способны в одних и тех же условиях выращивания накапливать больше белка, чем слабые сорта. Многочисленные данные свидетельствуют о значительной изменчивости концентрации белка в зависимости как от сорта, так и от условий выращивания.

В различных частях зерновки содержится неодинаковое количество белка (табл. 12).

Таблица 12

## Распределение белка в зерновке пшеницы

Части зерновки	% от массы зерновки	Содержание белка, %	Распределение белка, % от общего содержания в зерне
Оболочка (перисари)	8,0	4,4	4,0
Алейроновый слой	7,0	19,7	15,5
Эндосперм	82,5	—	72,5
Эндосперм внешний	12,5	13,7	19,4
Эндосперм средний	12,5	8,8	12,4
Эндосперм внутренний	57,5	6,2	40,7
Зародыш	1,0	33,3	3,5
Щиток	1,5	26,7	4,5
Целое зерно	100	8,7	100

При замешивании теста белковые вещества соединяются водородными, дисульфидными и другими химическими связями и создают белковую массу (клейковину), пронизывающую замешанное тесто. Газ, выделяемый при брожении, удерживается в тесте, разрыхляет его. Белковые вещества теста при выпечке хлеба денатурируются, пористая структура хлеба закрепляется.

Белковые фракции пшеницы значительно различаются по аминокислотному составу, что подтверждают данные, приведенные в таблицах 4-7.

Альбумины и глобулины являются ферментативными белками, они синтезируются в зародыше и алейроновом слое. Альбумины и глобулины более богаты незаменимыми аминокислотами, особенно такими дефи-

штными, как лизин, триптофан, метионин, чем клейковинообразующие фракции белка глиндин и глютелин. Но содержание их в зерне невысокое, около 10–15%, редко – 20–25% общего количества белка.

Глиндины и глютелины – запасные белки эндосперма пшеницы, они составляют основу клейковины, от качества которой зависят хлебопекарные свойства пшеницы. Клейковина пшеницы содержит примерно 66% воды и 34% сухого вещества. Белки глиндин и глютелин составляют около 80% сухого вещества клейковины. Они и образуют как бы скелет белкового геля, представляющего собой клейковину.

Соотношение между глиндином и глютелином близко к 1. Закономерной связи между технологическими свойствами муки, физическими достоинствами клейковины и соотношением этих двух белковых фракций нет. Хотя некоторые ученые отмечают, что глиндин определяет, в первую очередь, вязкость теста, а глютелин – его плотность и эластичность (Беккер, 2015).

В связи с тем, что у сильной пшеницы большая часть растворимых белков связана с глютенином, хорошие хлебопекарные качества отмечены у зерна с высоким содержанием глютелина и низким – альбуминов и глобулинов.

Роль отдельных компонентов белка в хлебопечении связывают с увеличением времени замеса теста при увеличении количества глютелина. Глиндин же регулирует объем формового хлеба, а водорастворимые белки способствуют газообразованию в тесте и процессам брожения. В настоящее время показано, что глютелин представляет собой сложную ассоциацию большого числа молекул глиндина и молекул альбумин-глобулинового типа.

Биологическая ценность белков пшеницы зависит от содержания и сбалансированности аминокислотного состава. Данные, опубликованные в отечественной и зарубежной литературе, указывают на отсутствие существенных различий в аминокислотном составе у зерна сильной и слабой пшеницы (табл. 13). Однако количество отдельных аминокислот может варьировать в зависимости от сорта и условий выращивания. Лимитирующими у пшеницы считаются незаменимые аминокислоты лизин и триптофан. Количество лизина имеет тенденцию к увеличению по мере снижения содержания белка.

По данным Всероссийского НИИ растениеводства, коэффициент корреляции между лизином и белком равнялся 0,63; колебания в содержании лизина в белке отдельных сортов пшеницы составляли от 1,7 до 4,15%. Выделены сорта и образцы с высоким содержанием лизина в белке. Поиски высокобелковых форм пшеницы с более полноценным в пищевом отношении белком продолжаются.

Установлено, что содержание лизина в продуктах помола зерна выше в мелких и крупных отрубях, чем в муке. Это связано с большим его количеством в зародыше и алейроновом слое.

Аминокислотный состав суммарного белка муки сильной, средней и слабой пшеницы (1 г азота аминокислоты на 100 г общего белка), по А. А. Созинову

Аминокислота	Сорт пшеницы		
	Безостая 1 (сильная)	Одесская 16 (средняя)	Восход (слабая)
Лизин	2,71	2,50	2,80
Гистидин	3,32	3,55	3,63
Аргинин	10,32	11,0	11,59
Аспарагиновая	2,88	3,17	3,26
Треонин	2,23	2,39	2,15
Глутаминовая	4,82	4,62	4,54
Пролин	29,32	28,23	28,53
Серин	7,57	6,92	6,94
Глицин	3,41	3,41	3,31
Аланин	3,28	3,39	3,32
Цистин	0,55	0,55	0,60
Валин	3,49	3,41	3,54
Метионин	1,00	1,12	0,98
Изолейцин	2,83	2,83	2,83
Лейцин	5,46	5,51	5,20
Тирозин	1,78	1,65	1,54
Фенилаланин	2,98	2,88	2,78
Аммиак	11,06	11,73	11,32

По современным представлениям, различия в свойствах сильной и слабой пшеницы связаны не с аминокислотным составом, а с особенностями внутреннего строения белковой молекулы. По химической природе белок пшеницы относится к классу высоких полимеров. В основе его строения лежат полипептидные цепочки, состоящие из остатков отдельных аминокислот, которые соединяются между собой полипептидными связями. Связывание активированных аминокислот в полипептидные цепи происходит за счет карбоксильной группы одной из аминокислот и аминной группы другой. Отдельные полипептидные цепочки соединяются друг с другом различными связями, в результате чего образуется огромная молекула белка. Белки отличаются друг от друга по количеству и длине полипептидных цепей, в результате чего молекулярная масса белков колеблется от 6,5 тыс. до нескольких миллионов.

В зерне современных сортов пшеницы содержится около 14–16% белка в абсолютно сухом веществе, или 12,5–14,0% белка в воздушно-сухом веществе при средней влажности 12%. Повышение содержания белка в зерне пшеницы должно иметь разумную границу, соответствующую

щую оптимальным нормам потребности человека и животных в белке и энергии. Считают, что наиболее универсальным пределом является уровень белка 16% на воздушно-сухое вещество.

Существует определенный минимум белка, при снижении которого трудно ожидать хороших хлебопекарных свойств, причем минимум этот неодинаков для разных сортов. Отмечается ухудшение хлебопекарных свойств муки из зерна с уровнем белка более 19% у яровых и более 17% у озимых сортов. Чаще всего ухудшение наблюдается в неблагоприятные годы, когда уровень белка повышается в результате нарушения оптимальных условий формирования белка и крахмала; качество клейковины при этом оказывается невысоким. Пшеницы, у которых высокое содержание белка обусловлено генетически, могут обладать и высокими технологическими свойствами.

Некоторые исследователи предлагают при отборе и оценке новых сортов использовать показатель сбора белка с единицы площади, поскольку в этом случае имеется положительная корреляция с урожаем зерна. Но такой подход, по-видимому, будет более правомерен при селекции сортов кормового направления, так как высокий сбор белка с единицы площади не гарантирует его качества.

В наших исследованиях (В. В. Пыльнев, 1998), показано, что при сравнительном изучении сортов озимой пшеницы разных лет селекции, выведенных и возделываемых в степной зоне Украины, современные сорта интенсивного типа имеют несколько пониженное содержание белка при практически не изменившемся аминокислотном составе (табл. 14).

Таблица 14

Физико-химические показатели качества зерна пшеницы при сорто-смене на юге Украины (по В. В. Пыльневу, 1998)

Группы сортов по времени районирования, годы	Размеры зерновки, мм			Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Содержание белка, %	Зольность, %
	длина	ширина	толщина				
1920-1940	6,16	2,78	2,68	31,51	94,4	14,2	1,83
1945-1966	6,23	2,86	2,84	34,21	96,3	13,8	1,82
1966-1972	6,35	3,04	2,97	36,68	88,0	12,4	1,67
1972 по н. в.	6,27	2,96	2,96	36,66	84,0	11,9	1,68

Сорта последних лет селекции имеют несколько большие размеры зерновки и массу 1000 зерен. При этом снизилась зольность зерна, что можно объяснить тем, что в процессе селекции объем зерновки увеличился на большую долю, чем ее поверхность. Если же у более крупного

зерна по сравнению с мелким уменьшается поверхность, то у него уменьшается и доля алейронового слоя, в котором содержится значительная часть белка. Эта отрицательная связь крупности зерна и содержания белка приводит также к снижению относительного содержания белка и зольных веществ в зерне.

Те же физические закономерности изменения объема зерновки и ее поверхности показывают, что для получения оптимального их сочетания необходимо иметь шаровидную форму зерновки. В последние годы селекционеры стали обращать существенное внимание на это и вести селекцию шарозерной пшеницы.

В связи с созданием короткостебельных сортов пшеницы в ряде работ отмечается снижение содержания белка у таких сортов. Однако в настоящее время установлено, что невысокое содержание белка не является их генетическим свойством и показана возможность одновременной селекции на низкостебельность и высокое содержание белка.

Одним из направлений селекции, способным преодолеть обратную связь между содержанием белка в зерне и его урожаем, может быть селекция форм, способных к симбиозу с азотфиксирующими микроорганизмами.

Содержание клейковины в зерне пшеницы и ее качество – важные показатели, характеризующие хлебопекарные свойства пшеницы. Клейковина пшеницы состоит на 80–90% из белков (глиадин и глютелин), а остальные 10–20% приходятся на крахмал, липиды, клетчатку, сахара, минеральные соединения и другие вещества. Коэффициент корреляции между содержанием белка и клейковины для сортов сильной пшеницы составляет около +0,96.

Для характеристики белкового комплекса пшеницы важным является соотношение между содержанием белка и клейковины. При нормальных условиях развития, уборки, подработки и хранения зерна соотношение между выходом сырой клейковины и содержанием белка в зерне яровой и озимой мягкой пшеницы составляет 2,2. Однако даже у нормально вызревших зерен такое соотношение наблюдается не всегда. Это связано с тем, что соотношение клейковина/белок зависит от количества простых азотистых веществ, перешедших в более сложные – глиадин и глютелин, влияющих на качество зерна.

По данным А. Б. Вакара, переход простых азотистых веществ в клейковинные белки происходит в основном в фазы молочной и восковой спелости. Неблагоприятные условия могут задержать процесс образования клейковины. Установлено, что в некоторых областях отношение клейковина/белок бывает постоянно низким вследствие неблагоприятных почвенно-климатических условий. Например, для Московской области оно равно в среднем 1,54, для Тульской – 1,69, Ставропольского края – 1,82. Наблюдается возрастание отношения клейковина/белок при продвижении посевов с запада на восток и с севера на юг. В процессе обра-

зования клейковины важную роль играют и сортовые особенности, поэтому необходимо устанавливать колебания соотношения клейковина/белок применительно к сортам.

Для оценки технологических свойств зерна наряду с количеством большое значение имеет качество клейковины. Качество клейковины является более стойким наследственным признаком сорта, в то время как на содержание ее в зерне условия произрастания влияют более значительно.

Клейковина сильных пшениц отличается от слабых большим содержанием дисульфидных связей — S—S— и меньшим — сульфгидрильных групп SH. Исследования Украинского института растениеводства показали, что соотношение SS:SH может быть использовано для характеристики клейковины сильной и слабой пшеницы. Например, отношение дисульфидных групп к сульфгидрильным в клейковине разных сортов пшеницы было следующим: сильная Безостая 1 — 8,3; Мироновская 808 — 6,9; слабая пшеница Веселоподолянская — 3,9.

Однако представление о роли дисульфидных связей в клейковине пшеницы не всегда объясняет сортовые различия в качестве сильной и слабой пшеницы. В белковый комплекс пшеницы входят протеолитические ферменты, которые катализируют расщепление и гидролиз белков. Содержание их в эндосперме составляет около 11%. В нормально вызревшем зерне их активность невелика, но она резко возрастает при неблагоприятных условиях произрастания и хранения. Имеются данные, что атакуемость белков клейковины сильных пшениц ниже, чем слабых.

Качество клейковины определяется ее физическими свойствами, такими как упругость, эластичность, растяжимость и связность. В зависимости от показателей качества клейковина делится на хорошую — с умеренной упругостью, связностью и достаточной растяжимостью; слабую — очень растяжимую и недостаточно упругую; крепкую короткорвушующую — очень упругую и малорастяжимую и крошащуюся — недостаточно связную.

Установлена зависимость между влагоемкостью клейковины (соотношением сырой и сухой клейковины) и ее качеством. Чем сильнее клейковина, тем меньше ее влагоемкость. Таким образом, при одинаковом количестве белка слабая пшеница может иметь большее содержание сырой клейковины, чем сильная. Это хорошо иллюстрируют данные исследований, проведенных в МСХА (табл. 15).

Таблица 15

Содержание сырой клейковины и ее влагоемкость, %

Сорт	Сырая клейковина	Влагоемкость
Мироновская яровая (хорошие хлебопекарные качества)	23,6	58,9
Московская 35 (ценный по качеству сорт)	24,8	58,9
Ленинградка (удовлетворительный по качеству сорт)	22,1	64,3

Содержание клейковины определяют путем отмывания ее вручную или с помощью ряда приборов, после которых все же требуется ручная домывка. Шведский прибор «Глютоматик» позволяет по навеске муки 10 г в течение 10 мин установить содержание сырой клейковины и ее эластичность, а также содержание сухой клейковины. Этот и подобные ему приборы с успехом используются для проведения селекционных оценок.

У нас в стране качество сырой клейковины после отмывания оценивают на приборе ИДК-1 (измеритель деформации клейковины) по способности шарика клейковины сопротивляться давлению.

Из косвенных методов оценки качества клейковины, применяемых на ранних этапах селекции, значительный интерес представляет метод Пельшенке и седиментационный анализ.

При использовании метода Пельшенке качество клейковины определяется по времени брожения теста из цельносмолотого зерна в воде (рис. 1). Разница во времени между погружением шарика теста, приготовленного из 2–5 или 10 г муки-шрота с добавлением дрожжей, и началом его распада в результате брожения и есть время брожения, или тест-число. Кроме времени брожения учитывается и характер распада шарика. Хорошая и отличная клейковина – упругая, устойчивая, при брожении теста длительное время сохраняет форму шарика или расплывшейся лепешки, причем опускается на дно стакана в форме сосульки. Быстро распадающийся отдельными кусочками шарик теста указывает на слабую клейковину, неспособную противостоять давлению образующихся при брожении газов. Таким образом, показатель тест-число характеризует газообразующую и газодерживающую способность муки.



**Рис. 1. Оценка качества клейковины по методу Пельшенке:**  
*а* – шарик из дрожжевого теста распадается отдельными кусочками через короткий промежуток времени; качество клейковины низкое;  
*б* – шарик теста расплывается в лепешку и опускается в виде сосульки не менее чем через 40 мин, качество клейковины хорошее и отличное.

Седиментационный метод, или метод осаждения муки, впервые предложенный Зелени (США) и модифицированный у нас, нашел широкое применение при оценке селекционного материала на ранних этапах селекции.

Принцип метода заключается в том, что качество муки пшеницы определяют по объему осадка муки, суспензированной в смеси водных растворов молочной кислоты и изопропилового спирта. Клейковина в подкисленной взвеси муки в воде набухает и оседает на дно градуированного цилиндра, увлекая за собой и другие составные части муки. Уровень, на который оседает мука за установленный промежуток времени при строго контролируемых условиях, принят как показатель седиментации и в значительной степени связан с количеством и качеством клейковины. Крепкая клейковина сильной пшеницы хорошо набухает в слабом растворе кислоты и не растворяется; слабая же клейковина набухает мало, причем раствор долго остается мутным.

Клейковина пшеницы набухает не только в слабом растворе молочной кислоты, но также в уксусной, муравьиной и других кислотах.

В нашей стране А. Я. Пумпянский разработал микрометод определения показателя седиментации пшеницы, отличающийся от метода Зелени тем, что вместо смеси молочной кислоты с изопропиловым спиртом используют слабый раствор уксусной кислоты, подкрашенный метиленовой синью (вместо бромфенолблеу). Проведение анализов было ускорено с помощью приборов ПН-1-10 и его модификаций (рис. 2).

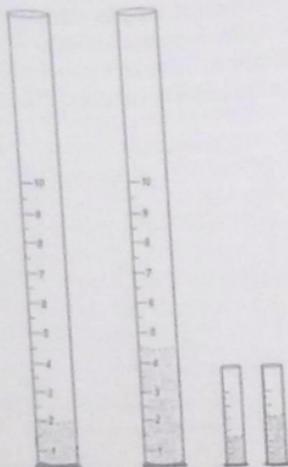


Рис. 2. Определение показателя седиментации: справа — стандартный метод, слева — микрометод.

Небольшое количество муки для анализа (0,5–1,0 г), быстрота его проведения позволяют оценивать большое количество селекционных номеров на первых этапах работы в период между уборкой и посевом. Метод седиментации достаточно точно улавливает различия между номерами, а его показатель хорошо коррелирует с физическими свойствами теста и хлебопекарными качествами. В ряде исследований установлена тесная сопряженность показателя седиментации с содержанием клейковины ( $r = 0,84$ ), силой муки ( $r = 0,89$ ) и объемом хлеба ( $r = 0,83$ ).

Показатель седиментации является комплексным, он оценивает одновременно содержание белка и его качество. Для того чтобы с большей достоверностью сравнивать разные образцы пшеницы по силе муки, рекомендуется рассчитывать показатель набухаемости на единицу белка. Так, при сравнении двух образцов, имеющих показатель седиментации 60 мл, а содержание белка соответственно 15 и 12%, можно отметить, что у второго сорта более высокая сила муки ( $60:15 = 4$  и  $60:12 = 5$ ).

Определение седиментации муки и содержания белка и их соотношения позволяет оценить сортовые различия по качеству зерна вне зависимости от повреждения его клопом-черепашкой или порчи в результате сушки, а также обесцвечивания.

Показатели седиментации колеблются в широких диапазонах – от 20 до 70 мл и более. Показатели 60 мл и более характерны для сильных пшениц с крепкой клейковиной; 40–60 мл – для пшениц с хорошим качеством клейковины, они могут быть использованы в хлебопечении в чистом виде или быть компонентом смеси; от 20 до 40 мл – для стекловидных пшениц либо с низким содержанием белка, либо с дефектной клейковиной. Из такой муки нельзя получить хлеб удовлетворительного качества, если не смешивать ее с мукой из более сильной пшеницы; показатели меньше 20 мл типичны для мучнистой пшеницы, идущей на производство кондитерских изделий либо на кормовые цели. На показатель седиментации сильно влияет зольность муки, поэтому мука должна быть свободна от засорения отрубями.

В НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов) В. М. Бебякин подробно изучал различные методы оценки селекционного материала. Им предложено для оценки высококачественных твердозерных мягких пшениц использовать DDC-тест, устанавливаемый при проведении седиментации в растворе уксусной кислоты с добавлением додецилсульфатнатрия (DDC), разрушающего меж- и внутримолекулярные S-S связи у запасных белков. Установлено, что DDC-седиментация более четко по сравнению с данными бездодесульфатного анализа дифференцирует генотипы, различающиеся по структуре эндосперма (твердозерности) и качеству муки.

С качеством клейковины тесно связаны физические свойства теста: упругость, эластичность, способность выдерживать длительное брожение, водопоглощительная способность. Для оценки этих показателей применяют самопишущие приборы фаринограф (или микрофаринограф) и

калориметр. Эти приборы измеряют параметры теста, которые характеризуют силу муки по изменению физических свойств теста в процессе его замеса, отражаемому графически на бумажной ленте самописца (рис. 3-5). При помощи этих приборов устанавливают устойчивость теста к замесу и водопоглощательную способность муки.



Рис. 3. Фаринограф

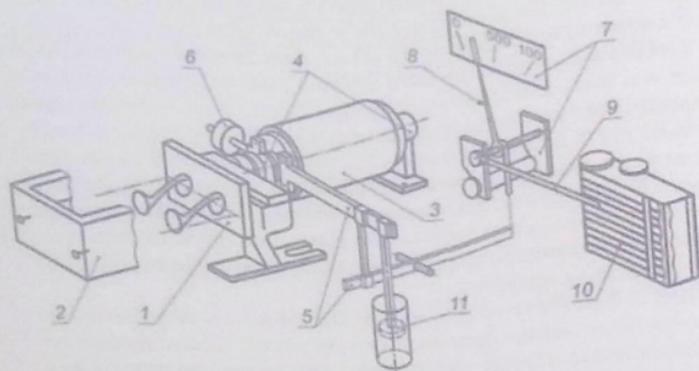


Рис. 4. Устройство фаринографа (ГОСТ ISO 5530-1-2013):

- 1 – задняя стенка тестомесилки с рабочими лопастями; 2 – отсоединяемая часть тестомесилки; 3 – кожух мотора и приводного устройства; 4 – шарикоподшипники; 5 – рычаги; 6 – противовес; 7 – измерительная головка; 8 – стрелка; 9 – коромысло пера; 10 – записывающее устройство; 11 – амортизатор.

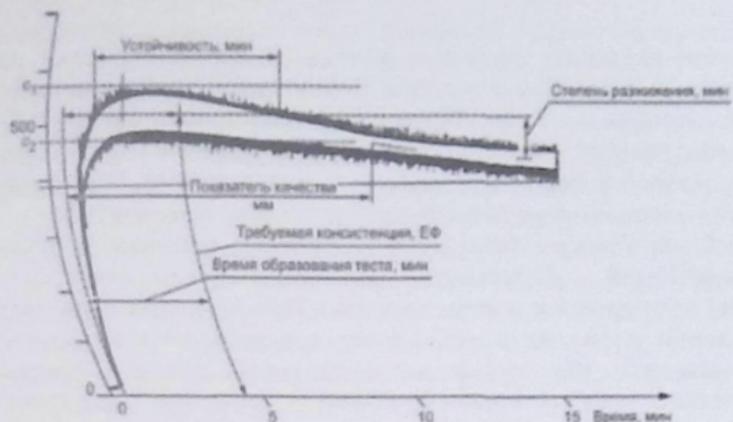


Рис. 5. Показатели фаринограммы (по ГОСТ ISO 5530-1-2013)

Показатели времени разжижения теста на фаринографе, микрофаринографе и валориграфе связаны коэффициентами 0,86–0,91. Для предварительного отбора лучших по качеству образцов разработан ускоренный метод исследования муки на микро- и обычном фаринографе, который позволяет сократить время анализа и количество муки в два раза.

Для оценки качества муки по удельной работе деформации теста, растяжимости и сопротивлению теста растяжению используют альвеограф и альвеограф с микроприставкой (рис. 6), а также экстенсограф (рис. 7) и микроэкстенсограф.



Рис. 6. Альвеограф



Рис. 7. Экстенсограф

Сравнение различных методов и показателей оценки указывает на тесную связь показателей альвеографа и экстенсографа ( $r = 0,84$ ), а также показателей каждого из этих приборов с данными фаринографа ( $r = 0,85$  и  $0,83$  соответственно) и близкую, но несколько меньшую — с объемом хлеба при выпечке с повторным замесом ( $r = 0,65$  и  $0,56$ ). Разработан микрометод определения физических свойств теста на экстенсографе.

Фирмой «Брабендер» параллельно с системой приборов фаринограф — экстенсограф — ферментограф предложена система дикордер — матурограф для определения подъема теста в печи. Дикордер позволяет провести анализ устойчивости теста к замесу одновременно у нескольких образцов пшеницы. Матурограф дает возможность получить кривую подъема теста во время расстойки и установить его оптимальное время. Кроме этих приборов пользуются известностью зимотахиграф фирмы «Шопен», который служит для изучения газообразующей и газодерживающей способности теста, а также амилограф и вискограф фирмы «Брабендер» для определения состояния углеводно-амилазного комплекса.

Для определения количества белка, клейковины, крахмала, твердости и других качественных характеристик зерна в настоящее время широко используются приборы, основанные на измерении показателей интенсивности отражения ИК-излучения от поверхности анализируемого объекта. Они просты для обслуживания и позволяют с достаточной точностью и быстро проводить оценку селекционного материала по небольшим навескам.

При сравнении данных по содержанию белка и клейковины у 22 сортов яровой пшеницы, полученных стандартными методами (белок по Кьельдалю и клейковина методом отмывания вручную) с результатами, полученными на подобном приборе «Инфранид-61» (рис. 8), установлено, что показатели содержания белка были незначительно выше, а по содержанию клейковины — ниже на приборе (Долгодворова, 1995). При этом различия между сортами сохранились, и на первых этапах селекции для браковки селекционного материала эти методы вполне приемлемы.

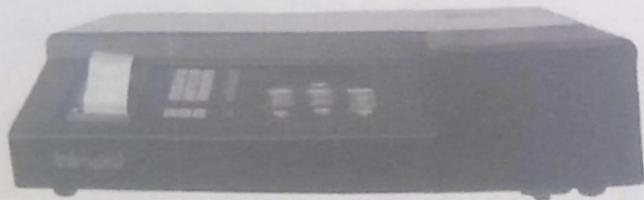


Рис. 8. Инфракрасный анализатор «Инфранид 61»

Применение метода протонного резонанса (ЯМР-тест) для изучения структурных различий в организации клейковинного комплекса белка

сильных и слабых пшениц позволяет проводить экспресс-анализ качества клейковины с сохранением целой жизнеспособной зерновки.

Углеводы в зерне пшеницы представлены в первую очередь крахмалом. Крахмал, как и белок, относится к классу высоких полимеров, звеньями в макромолекуле которого являются остатки глюкозы. Крахмал составляет 65–80% массы эндосперма и наряду с белком играет решающую роль в получении высококачественного хлеба. Крахмал в зерне пшеницы содержится в виде крахмальных гранул, размер которых колеблется от 2 до 50 мкм. Крупные гранулы называют пластидными, мелкие – хондриосомными. Соотношение между пластидными и хондриосомными гранулами крахмала, их величина и конфигурация зависят от условий выращивания, гидротермических условий и продолжительности периода налива зерна, а также от сортовых особенностей.

Высокие технологические свойства сильной пшеницы обусловлены особыми морфологическими взаимоотношениями крахмала и белковых веществ эндосперма. Данные о взаимоотношении белка и крахмала в эндосперме пшеницы позволяют понять сущность формирования одного из основных технологических признаков высококачественной пшеницы – стекловидности, а также твердозерности.

Исследования показали, что при тонком измельчении муки после обработки ее неполярными жидкостями удельной массой около 1,38 г/мл можно получить две фракции белка, одну из которых Гесс назвал цвикельпротеин (промежуточный белок), а другую – хафтипротеин (прикрепленный белок).

Промежуточный (клиновидный) белок представляет собой мельчайшие пластинки размером от 6 до 12 мкм, толщиной от 0,246 до 0,368 мкм. Он имеет фибриллярную структуру и в неразрушенных клетках эндосперма представляет собой матрицу с включенными в нее крахмальными гранулами. В образовании структуры эндосперма большую роль играют коллоидные свойства крахмальных гранул.

В эндосперме мучнистой пшеницы гранулы хондриосомного крахмала имеют ограненную форму. Их поверхность покрыта слоем прикрепленного белка, а узкие промежутки заполнены промежуточным белком. При размоле зерна эндосперм раскладывается на границе между крахмальными гранулами и промежуточным белком.

Эндосперм стекловидного зерна содержит округлые гранулы хондриосомного крахмала, большие промежутки между которыми заполнены более мелкими гранулами крахмала и промежуточным белком. В процессе измельчения зерна стекловидный эндосперм разрушается труднее, чем мучнистый. Граница разрушения проходит через монолитную систему крахмала и белка. Подтверждением того, что в стекловидном эндосперме промежуточный белок разрушается вместе с прочно связанными с ним гранулами крахмала, является характер деформирования и разрушения зерна при измельчении. Опытами установлено, что при измельчении

стекловидные зерна пшеницы раскалываются на несколько частей, имеющих форму многогранных тел с глубокими плоскими гранями, ограниченными острыми ребрами. При разрушении мучнистого зерна излом у продуктов измельчения неровный, частицы легко слипаются.

Возможность накапливать крахмал округлой формы, отсутствие или малое количество отдельных крахмальных гранул и наличие больших крахмальных прослоек отличают зерно сильной пшеницы и обуславливают высокие мукомольные и хлебопекарные качества.

Содержание крахмала, входящего в состав углеводно-амилазного комплекса муки, имеет прямое отношение к газообразующей способности теста. Крахмал, являясь гидрофильным коллоидом, при выпечке хлеба под влиянием высокой температуры клейстеризуется и отнимает воду от клейковины, что способствует улучшению физических свойств хлебного мякиша.

Большое значение при оценке качества зерна и муки имеет содержание и состояние амилолитических ферментов (амилаз), которые обуславливают гидролиз крахмала. Это важно в хлебопечении, поскольку процесс брожения теста зависит в большей мере не от собственных сахаров (их всего 2-3%), а от скорости накопления в тесте продуктов расщепления крахмала (мальтозы и декстринов).

Не менее значимо содержание и состояние амилолитических ферментов и в проявлении такого важного показателя сортов пшеницы, как устойчивость зерна к прорастанию на корню в колосе. Известно, что прорастание зерна отрицательно влияет на его лабораторную и полевую всхожесть. Одновременно оно влечет за собой значительные изменения физических и биохимических свойств зерна и вследствие этого снижение технологических качеств.

Прорастание зерна приводит к увеличению размеров зародыша и его потемнению, повышению объема зерна и снижению сыпучести зерновой массы, потере блеска зерна, уменьшению вязкости разогреваемой водно-мучной суспензии и в результате — к значительному понижению хлебопекарных показателей.

В прорастающей зерновке начинается интенсивный гидролиз высокомолекулярных соединений, находящихся в эндосперме, и переход их в растворимое состояние, необходимое для поступления в проросток, а также возрастает дыхательный газообмен зерна. Таким образом, на начальном этапе прорастания зерна в колосе повышается активность всех гидролаз и оксидоредуктаз, что обнаруживается еще до проявления внешних признаков прорастания. Этим и определяется изменение технологических и хлебопекарных свойств проросшего зерна.

Наибольшую роль в механизме прорастания зерна играет амилаза, которая вызывает гидролиз крахмала ( $\alpha$ -амилаза, или декстриногенамилаза, или  $\alpha$ -1,4-глюкангидролаза и  $\beta$ -амилаза, или  $\beta$ -1,4-глюканмальтогидролаза, называемая сахарогенамилазой). При этом  $\beta$ -амилаза не дей-

ствует на гранулы нативного крахмала, а слабо разжижает и декстринирует крахмал, осахаривание которого быстро происходит при наличии  $\alpha$ -амилазы. Под действием амилаз происходит расщепление крахмальных гранул и изменение их формы, так как они разъедаются ферментом. Эти же процессы протекают и в водно-мучной суспензии при замешивании теста и его нагревании. В присутствии молекул воды  $\alpha$ -амилаза разрушает молекулярную сеть и способствует повышению активности  $\beta$ -амилаз.

У разных сортов и даже зерен из разных частей одного и того же колоса скорость расщепления крахмальных зерен бывает неодинаковой. Различная податливость крахмальных зерен к действию амилаз называется атакуемостью крахмала.

Наиболее высокая активность амилаз приходится на раннемолочную спелость зерна, т. е. период усиленного синтеза крахмала. Затем она снижается и в зрелой зерновке фермент связывается с запасными белками эндосперма и переходит в скрытую форму.

Исследованиями установлено, что активность  $\alpha$ -амилазы в зернах пшеницы возрастает от верхушки колоса к его основанию, а внутри отдельных колосков существует отрицательная корреляция с массой и наполненностью зерновки.

Известно, что зародыш зерна пшеницы жизнеспособен уже на 12-й день после оплодотворения, но прорастания не происходит из-за состояния семенной и плодовой оболочек. Образованию  $\alpha$ -амилазы в алейроновом слое зерна и началу прорастания благоприятствует гиббереллиновая кислота зерна. В первый период после цветения перикарпий не пропускает гиббереллиновую кислоту и другие ростовые вещества и задерживает прорастание. А в более поздние фазы развития зародыша способность к прорастанию регулируется балансом гиббереллиновой и абсцизиновой кислот. Активность гиббереллиновой кислоты изменяется аналогично активности амилаз, т. е. повышается к фазе молочной спелости и сильно снижается к концу созревания. У устойчивых к прорастанию сортов уровень активности этой кислоты имеет значительно более низкие значения, чем у неустойчивых.

В зерне озимой и яровой пшеницы обнаружен ингибитор  $\alpha$ -амилаз, состоящий из пяти компонентов, соотношение которых меняется в зависимости от условий выращивания. Ингибиторы  $\alpha$ -амилаз найдены также в цветковых и колосковых чешуях злаковых. При этом установлено, что белоколосые пшеницы более склонны к прорастанию на корню, чем красноколосые. Ингибирующее действие колосковых и цветковых чешуи более заметно в первые сутки воздействия соответствующих условий на семена, когда начинается их наклевывание.

В одном из опытов было установлено, что ингибирующие вещества, содержащиеся в чешуях твердой пшеницы, снижали наклевывание семян

в первые сутки на 33%, красноколосой пшеницы – на 25%, а белоколосой – на 14% по сравнению с наклевываемым семям в воде.

Устойчивость к прорастанию выше у краснозерных сортов по сравнению с белозерными. Это объясняется действием не самих пигментов, а наличием кахетина и кахетин-танина, которые ингибируют синтез амилазы. Вследствие этого краснозерные сорта имеют более длительный период покоя, белозерные – только отдельные образцы.

Для оценки и проведения отбора растений, устойчивых к прорастанию зерна на корню, в селекционной работе применяют различные методы. Наиболее распространены следующие.

**1. Оценка устойчивости зерна к прорастанию в колосе в полевых условиях.** Особенно эффективен этот метод во влажные годы в районах Нечерноземной зоны, когда в предуборочный период и во время уборки стоит теплая дождливая погода. В этот период выделяют устойчивые к прорастанию формы, убирая зерно в несколько сроков – от начала восковой спелости до полной и при перестое на корню. При отборе колосьев у разных образцов определяют влажность зерна, после подсушивания и обмолота проводят оценку по количеству проросших и наклонувшихся зерен и амилитической активности.

**2. Оценка устойчивости зерна к прорастанию в колосе при искусственной провокации.** Этот метод позволяет более точно оценить селекционный материал в любой год. Срезанные колосья помещают в специально оборудованные камеры с искусственным увлажнением или в термостаты с туманообразованием. По амилитической активности или числу падения до и после провокации судят об устойчивости сорта.

**3. Оценка с помощью биохимических методов.** Основными биохимическими показателями, изменяющимися на ранних этапах прорастания зерна в результате активации ферментов амилазного комплекса, являются: содержание восстанавливаемых сахаров, мальтозы, водорастворимых веществ, диастатическая и протеолитическая активность.

Перспективным в оценке селекционного материала на устойчивость к прорастанию на корню является метод электрофореза, позволяющий выявить функциональную и физико-химическую неоднородность ферментов амилазного комплекса и одновременно установить, чем обусловлено количество фермента – прорастанием или высоким эндогенным уровнем энзимов в нормальном зерне.

**4. Технологические методы.** Поскольку качество хлеба в значительной мере обусловлено активностью протеолитических и особенно амилитических ферментов, хлебопекарные достоинства зависят от состояния углеводно-амилазного комплекса зерна. Даже в начальный период прорастания зерна, когда оно не имеет корешков и ростков, наблюдается повышение активности ферментов и мука, полученная из такого зерна, дает дефектный хлеб (рис. 9).



**Рис. 9. Хлеб из муки пшеницы разного качества:**

*а* – хлеб с липким мякишем, число падения 65, высокая активность  $\alpha$ -амилазы; *б* – хлеб хорошего качества, число падения 250, нормальная активность  $\alpha$ -амилазы; *в* – сухой хлеб, число падения 400, низкая активность  $\alpha$ -амилазы.

Оценку амилолитической активности проводят в основном по показателю числа падения по Хагбергу – Пертену. Число падения измеряется в секундах по продолжительности падения штока в водно-мучной подогретой суспензии и зависит от ее вязкости, а вязкость такой болтушки, в свою очередь, находится в обратной пропорциональной зависимости от активности амилолитических ферментов. Разработана микромодификация метода Хагберга – Пертена, позволяющая определить этот показатель на ранних этапах селекционного процесса по малым навескам зерна и муки.

Определение амилолитической активности можно проводить на амилографе Брабендера, на котором качество зерна оценивается по высоте амилограммы и температуре достижения максимума вязкости (рис. 10, 11). Разработаны ускоренные методы такой оценки для применения их в селекционном процессе на ранних этапах, а также различные модификации и другие методы (использование микровискозиметра, консистометра, оценка по сопротивлению теста замесу и др.).

Проблема снижения потерь и ухудшения качества зерна от прорастания должна решаться главным образом с помощью селекции. Среди мирового генофонда коллекции ВИРа выделены сорта и образцы, обладающие высокой устойчивостью к прорастанию зерна в колосе и на корню. Примером могут служить отечественные сорта яровой пшеницы Ленинградка, Иргышанка 10, Целинная 21, Саратовская 45, Саратовская 48, озимой – Безостая 1; сорта Норвегии (яровые – Pollo, Lada, Ullo, озимая Skjaldar); Финляндии (яровая Ари, озимая Е10), Швеции (яровые – Drabant, Amy, Sonett, Ring, Pompe, Svenno, Rang, озимая Holme) и др. Успех в селекции шведских сортов объясняется систематическим отбором ус-

тойчивых к прорастанию форм пшеницы, использованием провокационных фонов для предуборочного прорастания и других методов оценки селекционного материала по этому показателю.



Рис. 10. Амилограф

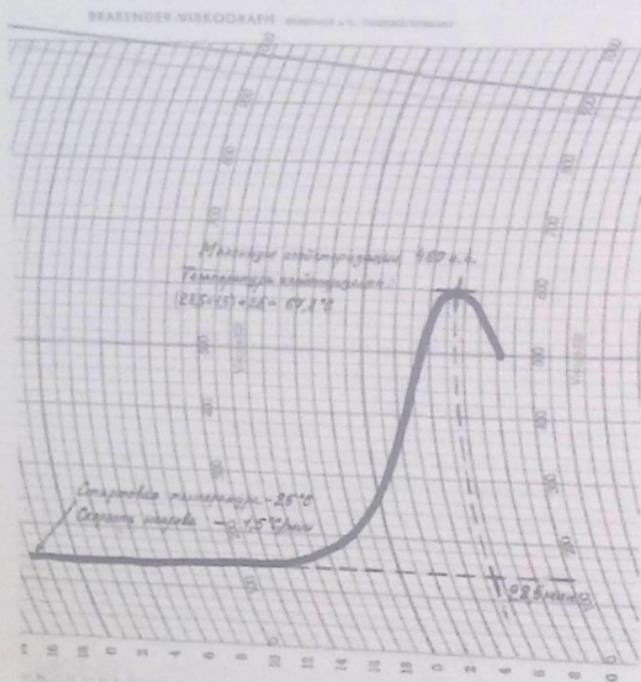


Рис. 11. Расшифровка амилограммы

Во многих случаях весьма эффективным является отбор по числу падений. Установлено, что прорастание на корню можно снизить путем сочетания в сорте низкой активности  $\alpha$ -амилазы с нечувствительностью к гиббереллиновой кислоте и повышенным содержанием ингибиторов прорастания в оболочках зерна.

Предполагают, что глубина покоя семян контролируется теми же полимерными генами, которые отвечают за окраску семян, вследствие чего можно ожидать, что устойчивость к прорастанию будет усиливаться по мере увеличения дозы генов, контролирующих окраску семян.

При скрещивании устойчивых к прорастанию сортов с неустойчивыми прямыми гибриды по сравнению с обратными отличаются более высокой устойчивостью. При селекции на устойчивость необходимо начинать оценку и отбор с самых ранних этапов.

#### 2.4. Прямые показатели качества зерна

**Мукомольные качества зерна** являются основным прямым показателем при оценке сортов пшеницы. Мукомольные свойства при лабораторном помоле обычно оценивают по четырем показателям: выходу муки, длительности размола зерна определенной массы (она связана с производительностью мукомольных заводов), удельному расходу энергии на размол и качеству полученной муки (цвету, зольности, крупности, количеству и качеству клейковины и др.). Кроме того, устанавливают количество воды для замочки и продолжительность отволаживания зерна.

Данные лабораторного помола, хотя и не моделируют полностью производственный процесс, дают достаточно точное представление о потенциальных мукомольных достоинствах зерна разных сортов.



Рис. 12. Лабораторная мельница «Квадрат Юниор»

Существует много вариантов пробного помола, их делят на три группы: получение определенного выхода муки (обычно 70%); получение муки определенного качества (по цвету или зольности); помол, который ведется при постоянном режиме мельницы. Наиболее прогрессивным является помол с постоянным режимом, как наиболее соответствующий условиям работы автоматизированных мельниц в производстве.

Известен ряд типов лабораторных мельниц, рассчитанных на разную величину проб зерна. Для селекционных оценок при размоле малых проб зерна (от 2 до 500 г) лучшими являются четырехвалковые мельницы «Квадрат Юниор» (рис. 12) и мельница типа МЛЗВ «Агроприбор».

**Хлебопекарные качества муки.** Основным, наиболее объективным методом оценки хлебопекарных достоинств селекционного материала является пробная выпечка. Хлебопекарный анализ (пробную выпечку) в зависимости от массы образца муки классифицируют на три группы: макрометоды, или стандартные методы выпечки – навеска муки 300 г и более, полумикрометоды – навеска муки от 50 до 300 г; микрометоды – навеска муки до 50 г. Для оценки селекционного материала на ранних этапах селекции используют микрометоды, в конкурсном сортоиспытании и при оценке сортов в Госкомиссии применяют стандартную выпечку (из 300 г муки выпекают 3 хлеба: 2 формовых и 1 подовый).

Хлебопекарные свойства зерна – это способность муки из этого зерна давать определенные сорта хлеба высокого качества с наибольшим припеком при соответствующем режиме тестоведения и выпечки. Они характеризуются объемом и формой хлеба, поверхностью и цветом корки, эластичностью, цветом, плотностью, пористостью (тонкостенностью и равномерностью распределения) мякиша, вкусом и ароматом хлеба.

Тесто из муки должно обладать нужными физическими свойствами: высокой эластичностью, растяжимостью и большой водопогложительной способностью. На эти свойства влияют наследственные особенности сортов и условия выращивания.

Современные знания в области биохимии зерна не позволяют определять хлебопекарные свойства пшеницы ни по отдельным физико-химическим признакам, ни по их совокупности. Наиболее точным методом определения хлебопекарных свойств пшеницы является пробная выпечка, представляющая собой *конечный критерий оценки*, позволяющий особенно полно выявить как технологические, так и биохимические особенности составных частей пшеничной муки.

В опытном хлебопечении необходимо учитывать два основных положения. Во-первых, сравнение сортов при одинаковых условиях, т. е. проведение стандартной пробной выпечки с целью установления пригодности муки к требованиям технологического процесса выпечки; во-вторых, проведение выпечки с учетом сортовых особенностей и создания оптимальных условий приготовления хлеба. Для полного выявления хле-

бюпекарных качеств и других особенностей муки выпечку осуществляют несколькими методами с использованием различных рецептов.

Хлебопекарные качества сорта определяются в основном двумя факторами: газообразующей способностью и газодерживающей силой муки. Газообразующая способность муки зависит от наличия в ней питательного субстрата для дрожжей, содержания естественных сахаров, качества крахмала, ферментативной активности амилазы. Газодерживающая сила зависит от содержания клейковины, протеолитической активности фермента протеазы, способности клейковины удерживать в тесте выработанный дрожжами углекислый газ. Для получения хлеба хорошего качества необходимо, чтобы оба эти фактора были в оптимальном соотношении.

Однако для качественной оценки сортов пшеницы газообразующая способность муки не имеет первостепенного значения, так как ее легко можно усилить соответствующим более тонким помолом, технологическим процессом тестоведения с заваркой части муки или добавлением продуктов, богатых амилазой (солод и его экстракты и др.). Газодерживающая же способность муки зависит от физических и биохимических свойств клейковины и не может быть улучшена в процессе тестоведения и выпечки. Для выявления ее необходимо в процессе брожения и особенно при расстойке теста полностью обеспечивать дрожжи сбраживаемыми сахарами.

В настоящее время при оценке пшеницы на качество учитывают большой комплекс признаков. Существующие стандартные пробные выпечки хлеба не всегда могут точно выявить особенности сильной пшеницы. Хлеб, испеченный по стандартной методике (что является обязательным при сравнительной качественной оценке сортов) из одной только сильной пшеницы, может иметь пониженный объем, плотную пористость и плохо выраженную форму, тогда как при добавлении муки слабой пшеницы качество хлеба значительно улучшается.

Для выявления высококачественных сильных пшениц их испытывают на смесительную ценность со слабыми пшеницами, а при выпечке в чистом виде — с более длительным периодом брожения или более продолжительным интенсивным замесом и перебивкой теста. При оценке хлебопекарных качеств сильной пшеницы применяют пробные выпечки с повторным замесом — «ремикс-метод», который позволяет выявить потенциальные хлебопекарные качества сильной пшеницы.

Для более точной хлебопекарной оценки муки и определения качества клейковины прибегают к пробным выпечкам с добавлением химических и биохимических улучшителей (бромат калия, солод и др.). Чтобы полнее выявить потенциальные хлебопекарные возможности муки, необходимо в рецептуре теста установить оптимальные дозы воды в соответствии с водопоглощительной способностью муки, сахара или солодовых препаратов (они должны быть в избытке), а в технологической схеме —

продолжительность брожения, длительность и интенсивность замешивания теста, а также дозировку добавляемых в него улучшителей.

Одной из наиболее важных операций перед пробной выпечкой является определение водопоглощительной способности муки на фаринографе или валориграфе. Установлено, что при добавлении воды в количестве, обеспечивающем оптимальную консистенцию теста, значительно повышается объем хлеба и улучшаются другие качественные показатели хлеба.

## 2.5. Косвенные показатели качества зерна

Косвенные показатели (морфологические, анатомические) ориентировочно характеризуют мукомольные и хлебопекарные свойства и включают линейные размеры, крупность и выравненность зерна, его объемную массу, зольность, микротвердость эндосперма и оболочек, глубину и форму бороздки, прочность связи эндосперма с семенной оболочкой, соотношение в зерне массы эндосперма, оболочек, зародыша и других частей, стекловидность эндосперма и др.

Размеры и форма зерна имеют большое значение для переработки и очистки пшеницы. Размеры (длина, ширина, толщина) являются важными показателями, характеризующими зерно. Длинной считают расстояние между верхушкой и основанием зерна, шириной – наибольшее расстояние между сторонами, толщиной – расстояние между спинной и брюшной (стороной с бороздкой) поверхностями. Установление этих характеристик является начальным этапом изучения качества зерна. Размеры зерновок пшеницы колеблются в следующих пределах: длина – 4,2–8,6 мм, ширина – 1,6–4,0 мм, толщина – 1,5–3,8 мм.

Размеры зерна устанавливают различными измерительными приборами и приспособлениями или методом просеивания навесок на решетках с отверстиями разного размера и формы. Применяя систему последовательно расположенных решет, можно одновременно судить и об изменчивости размеров исследуемого образца.

Толщина зерна в наибольшей степени характеризует его мукомольные свойства. Между толщиной зерна мягкой пшеницы, содержанием в нем эндосперма и выходом муки существует тесная положительная связь.

При уменьшении размеров зерна увеличивается относительная доля алейронового слоя, зародыша и оболочек (табл. 16). Содержание оболочек и их толщина сильно влияют на выход муки. В среднем их содержание колеблется от 7,4 до 8,9% и зависит от сортовых особенностей и условий произрастания. Зная соотношение между эндоспермом и оболочками, можно определить выход муки. Однако отсутствие экспрессных методов определения данного соотношения не позволяет использовать этот показатель на практике.

Содержание зародыша в зерновке пшеницы изменяется от 1,5 до 3,9%. Зародыш богат питательными веществами и витаминами, однако

при переработке его удаляют, так как он плохо поддается измельчению и, кроме того, содержащийся в нем жир может вызвать порчу муки при хранении.

Таблица 16

**Соотношение составных частей у зерновок пшеницы различного размера, % на сухое вещество (по Л. Н. Любарскому)**

Сход с сита, мм	Эндосперм	Алейроновый слой	Оболочка
2,7×20	83,54	5,74	7,61
2,2×20	81,92	6,57	8,61
1,7×20	72,81	11,05	12,13

Наряду с размерами определенное значение имеют глубина и форма бороздки зерна. Глубина, ширина и конфигурация петли бороздки изменяются в зависимости от сорта, района и условий произрастания. Отношение глубины петли к толщине зерна изменяется от 52,3 до 73,1%, ширины петли к ширине зерна – от 9,9 до 23,6%.

По форме зерно мягкой пшеницы бывает овальное (с отношением длины к ширине 2:1), овально-удлиненное и яйцевидное. Для мукомольной промышленности наибольший интерес представляет зерно, приближающееся по форме к шару, так как при этом на оболочки приходится меньшая доля зерновки, чем при любой другой форме, и выход муки выше. Округлое зерно с неглубокой бороздкой легче размалывается.

Зольность зерна и муки является важным показателем, так как характеризует процесс размола, выход и качество муки. При уменьшении размеров зерна зольность значительно возрастает.

Крупность зерна выражается с помощью такого показателя технологических свойств, как масса 1000 зерен. Этот качественный показатель зависит от особенностей сорта и условий возделывания. По массе 1000 зерен сорта пшеницы принято делить на крупнозерные – свыше 30 г, средней и выше средней крупности – от 22 до 30 г и мелкозерные – менее 22 г.

Считают, что от крупности зерна в значительной мере зависят мукомольные и хлебопекарные качества зерна пшеницы, так как чем крупнее зерно, тем больше содержится в нем эндосперма и тем выше выход муки. Однако этот показатель не всегда может служить критерием мукомольных качеств. Кроме того, пшеницы с высокой массой 1000 зерен в большинстве случаев дают светлую муку и более светлый мякиш хлеба по сравнению с мелкозерной.

От крупности зерна в ряде случаев зависит и его белковость. Имеются различные данные о содержании белка в крупном и мелком зерне (прямая, обратная зависимость, отсутствие связи). В результате многолетних исследований по 80 сортам озимой пшеницы в СГИ (Селекционно-генетическом институте, г. Одесса) был сделан вывод о том, что меж-

ду генетически обусловленными признаками крупности зерна и содержанием белка и клейковины корреляционной связи нет. В случае образования мелкого зерна вследствие неблагоприятных условий наблюдается относительно повышенное содержание азота и протенина в зерне. При нормальном формировании и наливе зерна отмечено полное отсутствие связи между крупностью зерна и содержанием белка.

Объем зерна, по величине которого можно рассчитывать скважность его массы, т. е. объем межзерновых пространств, наряду с линейными размерами имеет большое значение в хранении и переработке зерна. Для определения объема зерна используют несколько методов, простейший из которых заключается в установлении объема индифферентной жидкости (ксилол или толуол), вытесненной известной навеской зерна.

Плотность зерна зависит в основном от его химического состава и анатомического строения. В состав зерна входят вещества разной плотности: чистый крахмал – 1,5; чистый белок – 1,345; клейковина – 1,25–1,28; жир – меньше 1. Различная консистенция зерна также влияет на плотность. Стекловидный эндосперм имеет большую плотность за счет более плотного расположения крахмальных гранул и белка.

Натура зерна, или масса единицы объема зерна, является одним из признаков, определяющих мукомольные достоинства пшеницы. Натура зерна зависит от однородности формы, размеров, поверхности и плотности зерновок. Этот показатель может характеризовать качество зерна разных образцов при условии одинаковой их влажности. Корреляция между натурой зерна и выходом муки составляет 0,74–0,76. При натуре между 740 г/л выход муки обычно снижается. Для определения натуры зерна обычно используют пурки на 1 л (рис. 13). В селекционной практике используют микропурки на 0,01 и 0,25 л (рис. 14).



Рис. 13. Пурка литровая ПХ-1



Рис. 14. Микропурка

Цвет зерна незначительно влияет на цвет муки и хлеба, из белозерных пшениц они более светлые. Цвет зерна зависит от наличия пигментов в семенной оболочке, консистенции эндосперма и состояния плодовых оболочек; нормальное, здоровое зерно бывает белым или красным различных оттенков. При селекции кормовых сортов пшеницы некоторые селекционеры рекомендуют вводить в качестве маркерного признака фиолетовую окраску зерна.

Анализ высококачественных образцов международной коллекции показал, что пшеницы с красным зерном составляют основную массу (более 80%) образцов разновидности: эритроспермум – 40%, лютеценс – 28,4% и т. д., а белозерные представлены в основном разновидностью альбидум. Краснозерные формы наиболее распространены во всех странах мира, кроме Индии и Австралии, в генофонде которых преобладают белозерные сорта.

Структура эндосперма – стекловидность или мучнистость, – как было описано в разделе по химическому составу, зависит от состава, количества, формы, размеров и расположения крахмальных зерен, свойств и распределения белковых веществ, а также от характера и прочности связи между крахмалом и белковыми веществами.

Стекловидность зерна считается косвенным критерием для оценки содержания белка, мукомольных и хлебопекарных свойств пшеницы. Высокая стекловидность, как правило, отражает повышенное содержание в зерне белковых веществ и клейковины. Из зерна стекловидных пшениц получают больший выход муки с лучшими хлебопекарными качествами. Применяют два метода оценки стекловидности. При первом стекловидность определяют путем глазомерного осмотра поперечного разреза зерен (разрезание осуществляют лезвием бритвы, скальпеля или на специальном устройстве – фаринотоме или зернорезе), при втором – просвечиванием зерна на приборе диафаноскопе (рис. 15, 16). Учитывают стекловидные, частично стекловидные и мучнистые зерна, путем суммирования стекловидных и половины частично стекловидных получают показатель общей стекловидности в процентах. В большинстве зарубежных стран используют только показатель полной стекловидности.



Рис. 15. Диафаноскоп ДСЗ-2М  
(с кассетой на 100 зерен)



Рис. 16. Фаринотом

Стекловидность основной массы образцов из генофонда высококачественных пшениц у озимых более 70%, у яровых – еще выше. По показателю стекловидности не всегда можно правильно оценить мукомольные свойства, так как он подвержен значительным колебаниям в зависимости от погодных условий. Как установлено в последние годы, более надежным критерием оценки структурно-механических свойств зерна является показатель твердозерности, более четко отражающий прочность эндо-

сперма и мукомольные качества зерна. Предложен ряд методов его определения: по крупнообразующей способности или степени измельчения на приборе типа ПСХ-4, показателю шелушения на голлендере, индексу прочности на пластографе Брабендера и др.

В исследованиях Всероссийского центра по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур Госсортокомиссии установлено, что наиболее четкую дифференциацию сортов по твердозерности дает оценка на пластографе Брабендера. Возделываемые сорта пшеницы значительно различаются по структурно-механическим свойствам: интервал колебаний индекса прочности на пластографе у них был от 19,4 до 184 ед. Бр. К твердозерным сортам мягкой пшеницы были отнесены Новосибирская 67, Уральская 52, Саратовская 54, Саратовская 55, Ершовская 32 и др. Среднетвердозерные сорта составляют основную массу возделываемых в стране. Они характеризуются достаточно твердым эндоспермом и имеют хорошие мукомольные качества: быстро размалываются, дают большее по сравнению с мягкозерными сортами количество крупок и крупиночковой муки — лучшего сырья для хлебопекарной промышленности. В эту группу входят Мироновская 808, Безостая 1, Луганская 4, Одесская 51, Саратовская 29, Целинная 20, Оренбургская 1, Заря, Ростовчанка и др.

К мягкозерным в настоящее время относятся сорта озимой пшеницы Тристан, Оренбургская 14, Комсомольская 75, Волжская 100 и сорт яровой пшеницы Хабаровчанка. Они отличаются тем, что хуже размалываются, дают меньший выход муки при большей длительности помола.

## 2.6. Исходный материал и наследование признаков качества

Для ведения целенаправленной селекции на качество зерна необходимо знать закономерности наследования качественных признаков, влияние на них происхождения родительских форм, комбинационную ценность скрещиваемых форм и сортов и на этой основе подбирать родительские пары для скрещивания.

Отдельные показатели качества могут наследоваться гибридами пшеницы различно в зависимости от признака качества, уровня его выраженности в родительских сортах и экологических условий.

Правильный подбор доборов по каждому признаку качества и целенаправленный последующий отбор гибридов, начиная со второго поколения, делает возможной селекцию на качество зерна. Одновременно с этим при отборе по отдельным признакам необходимо учитывать их взаимосвязь, величину и направление генетических корреляций между ними.

Зерно большинства возделываемых сортов пшеницы имеет невысокое содержание белка при недостаточно сбалансированном аминокислотном составе. В связи с ростом урожайности пшеницы почти повсеместно наблюдается уменьшение содержания белка в зерне. При улучшении агротехники, внесении повышенных доз удобрений, особенно азотных, количество белка в зерне можно повысить на 1–5%. Однако содержание

белка и его аминокислотный состав являются наследственными признаками и поэтому при создании сортов селекционеры обращают особое внимание на улучшение этих показателей.

При разработке селекционных программ важно хорошо знать свойства подбираемых родителей, их способность передавать желаемые признаки гибридному потомству. Исследования показывают, что максимальное число комбинаций с положительной трансгрессией по содержанию белка выявляется при скрещивании среднебелковых форм с высоко- и низкобелковыми, высокобелковых форм со среднебелковыми, среднебелковых форм между собой. При этом очень редко появляются трансгрессивные высокобелковые формы при скрещивании высокобелковых или низкобелковых форм между собой, низкобелковых – с высоко- и среднебелковыми сортами (А. И. Грабовец, М. А. Фоменко, 2007).

Повсеместно ведутся исследования и поиски высокобелковых сортов-доноров пшеницы. К более изученным источникам высокой белковости можно отнести линию озимой пшеницы Атлас 66 и яровой Нап Хал, которые сочетают высокий уровень белка (18–20%) с повышенным содержанием лизина.

Установлено, что действие генов белковости у Атласа 66 довольно стабильно в разных экологических условиях, но зерно этой линии имеет неудовлетворительные хлебопекарные свойства. Действие генов, контролирующих высокое содержание белка линии яровой пшеницы Нап Хал, неустойчиво в различных условиях, в то же время действие генов, ответственных за высокое содержание лизина, сравнительно стабильно. При скрещивании наследование лизина у гибридов носит аддитивный характер с некоторым отклонением в сторону низколизинового родителя. Хлебопекарные свойства Нап Хал также неудовлетворительные. Однако среди гибридов с Нап Хал выявляются линии с более высоким содержанием лизина, чем у самого источника.

У высокобелкового Атласа 66 наследование содержания белка в зерне связано с аддитивным действием генов. У гибридов выщепляется значительное число линий с более высоким содержанием белка, чем у родителей. Такие формы с положительной трансгрессией по белку являются весьма ценными.

По данным многих исследователей, в большинстве случаев при изучении характера наследования признака белковости наблюдается промежуточное наследование по отношению к родительским формам, число достоверных положительных трансгрессий очень невелико, что является одной из трудностей в селекции на повышение количества белка. При скрещивании низкобелковых сортов гибриды наследуют низкое содержание белка. Отмечено большое влияние генотипа родителя на характер расщепления по признаку белковости.

Оценку и отбор гибридного материала на содержание белка необходимо проводить, начиная с  $F_2$ , с целью выбраковки низкобелковых форм, а отбор на повышенное содержание белка следует начинать с  $F_3$ .

Исследования мукомольных и хлебопекарных качеств зерна пшеницы показали, что характер их наследования сложен и что на них влияют генетические факторы и условия внешней среды. Проведено сравнительно небольшое число работ по определению числа генов, осуществляющих контроль признаков качества.

К настоящему времени составлены карты расположения генов в некоторых хромосомах, однако из-за большого числа хромосом у мягкой пшеницы создание таких карт очень затруднительно. Изучены доминантные и рецессивные гены окраски зерна, длины и стекловидности зерновки. Устанавливаются гены, контролирующие содержание белка в зерне и лизина в белке. Определено, что высокое качество клейковины (по броулиной пробе Пельшенке – тест-числу) является рецессивным признаком, и наследование его контролируется 3–4 парами генов.

Различные показатели качества определяются разными генами, при этом имеют значение также гены-модификаторы. Биохимическая генетика позволила выявить наличие у пшеницы многих генов-модификаторов, фенотипические проявления которых обуславливаются погодными условиями.

В последние годы выполнено большое количество работ методами генетического анализа, разрабатываются вопросы изучения качества зерна с учетом действия отдельных геномов и хромосом пшеницы с помощью цитогенетических исследований. Этому способствовали разработка и применение для массовых анализов качества зерна новых методов: седиментации, электрофореза, определение аминокислот на аминокислотных анализаторах и др.

Работами А. А. Созина с сотрудниками СГИ, О. И. Майстренко в Новосибирском институте цитологии и генетики показано, что при электрофорезе спирторастворимые белки разделяются на фракции, число и подвижность которых обусловлены генетически. Под руководством В. Г. Конарева разработан принцип белковых маркеров геномов, который позволил изучить природу и происхождение отдельных геномов пшеницы.

Установлено, что в частичном доминировании высокого содержания клейковины участвуют три гена, локализованные в хромосомах 4В, 7В, 5D. Эти же хромосомы влияют на хлебопекарные качества и устойчивость теста к замесу.

Показана возможность практического применения результатов электрофореза глиадинов в селекции пшеницы на качество. Изучение композиционного состава глиадина с помощью методов гибридологического и моносомного анализа позволило установить, что генетически обусловленная специфичность электрофоретических спектров этого белка у сортов и форм одного вида является следствием различий его биосинтеза на уровне отдельных хромосом. Идентифицированы наиболее часто встречающиеся блоки компонентов глиадина, контролируемые 1А, 1В, 1D и 6А хромосомами и разработана номенклатура блоков.

Установлены формулы глинадина для многих сортов, а также доказано, что между компонентным составом глинадина и качеством клейковины существует определенная связь. Отмечена роль 1А и 1В хромосом, типы блоков компонентов которых оказывают существенное влияние на физические свойства теста и хлебопекарные достоинства муки.

Работы А. А. Созинова, Ф. А. Поперели (1974), М. М. Копуся (1998) показали, что максимальными показателями качества будут отличаться формы с электрофоретической формулой глинадина Gld 1A 7,4,5,3; 1B 1,4,5; 1D 4,5,7; 6A 3; 6B 2; 6D 2.

Знание роли отдельных типов блоков компонентов в определении тех или иных показателей качества муки позволит использовать результаты электрофореза глинадина в селекции пшеницы на качество, начиная с подбора пар для скрещивания и кончая браковкой селекционного материала. При этом важно, что данный метод позволяет судить о потенциальных возможностях исследуемой формы по результатам однократного анализа, так как при этом нет необходимости учитывать изменчивость, вызываемую условиями выращивания.

С помощью моносомного анализа выдающихся по качеству сортов саратовской селекции Саратовская 29 и Саратовская 210 О. И. Майстренко установила особую роль хромосомы 1D в формировании качества зерна мягкой пшеницы. Дальнейшее изучение на фаринографе подтвердило вывод о том, что хромосома 1D несет главный ген (или гены), определяющий устойчивость теста к замесу у одного из лучших по качеству клейковины сортов – Саратовской 29, при этом предполагают, что он локализован в длинном плече 1D хромосомы.

Данные А. И. Грабовца и М. А. Фоменко (2007) также подтверждают роль данной хромосомы для формирования качества зерна. Блоки глинадина 1D 4,5,7 значительно повышают качественные показатели муки. Они характерны для сортов Тарасовская остистая, Северодонская 12, Северодонская юбилейная и др.

Ряд ученых отмечает, что признаки качества зерна определяются полигенной и аддитивной генетическими системами. Решающее значение для получения высококачественного потомства имеет подбор родительских пар и их комбинационная ценность, причем вовлечение в гибридизацию в качестве одной из родительских форм сильной пшеницы обязательно.

Установлено, что такие показатели, как масса 1000 зерен, показатель седиментации, устойчивость и разжижение теста на фаринографе, смесительная способность муки по валориметру, объемный выход хлеба и его расплываемость, имеют довольно высокую наследуемость. Отбор по этим показателям может быть достаточно эффективным.

Содержание клейковины в муке, сила муки на альвеографе, водопоглотительная способность муки и время образования теста наследственно обусловлены в меньшей степени. Следовательно, чтобы иметь гарантию получения гибридов с высокими показателями по этим признакам, необ-

ходимо увеличивать объем скрещиваний и отбор вести по этим признакам на основании многолетних данных. Стекловидность зерна сильно подвержена изменениям под влиянием условий выращивания. Отбор по этому показателю малоэффективен.

При скрещивании высококачественных озимых и яровых пшениц обычно получают гибриды с хорошим качеством зерна. Например, при скрещивании озимых пшениц сортов Безостая 1, Мироновская 808, Мироновская юбилейная, Ильичевка, Одесская 51 между собой и с высококачественными сортами яровой пшеницы Саратовская 29, Тэтчер и другими ни один гибрид не был отнесен к плохим по показателям качества.

При скрещивании сортов с высоким и средним качеством зерна гибриды в основном наследуют его среднее качество. При привлечении для скрещивания сортов западноевропейского экотипа, отличающихся низким качеством зерна и муки, а также ржано-пшеничных гибридов, гибриды наследовали, как правило, низкое качество зерна. В этих случаях необходимо очень тщательно контролировать качество зерна получаемых форм, вести жесткий отбор по этим показателям. Иногда необходимо заранее предусмотреть улучшение этих признаков путем последующих насыщающих скрещиваний с высококачественными сортами.

Многолетний опыт селекции показал, что трудно или совсем невозможно получить высокоурожайное гибридное потомство с хорошим качеством зерна, если родительские формы низкокачественные. Следует учитывать, что генетическое свойство, определяющее плохое качество хлеба, является весьма консервативным и устойчиво передается по наследству, положительные трансгрессии встречаются редко, что является одной из основных трудностей в селекции высококачественных сортов.

Отбор по силе муки на первых этапах селекционного процесса можно проводить по показателю седиментации. А. Т. Казарцевой (1990) установлены довольно высокие коэффициенты наследуемости показателя седиментации у гибридов ( $H^2$  в  $F_2$  колебалось от 54 до 89%), что указывает на высокую эффективность отбора по этому показателю в ранних поколениях, начиная с  $F_2$ . Подтверждением этого является положительная при высоком уровне достоверности коррелятивная связь между показателями седиментации отдельных растений  $F_2$  и их потомства в  $F_3$ , а также линий  $F_3$  и их потомства в  $F_4$ .

В этих работах показано, что, если в пределах одной гибридной комбинации линии относятся к разным по качеству группам, показатель седиментации хорошо отражает физические свойства теста и может быть использован для браковки селекционного материала. Если же линии имеют показатели седиментации, относящиеся к одной или близким качественным группам, то он может быть использован лишь для характеристики гибридной комбинации.

Современная селекция на качество ставит задачу создать сорта, обладающие отличными технологическими свойствами, с высоким содержанием белка и сбалансированным аминокислотным составом (рис. 17).

Такой идеальный сорт пшеницы должен иметь отличный объемный выход хлеба (800 мл и более) и высокую смесительную ценность, высокую устойчивость теста к замесу (12–17 мин) и силу, равную  $450-500 \times 10^{-4}$  Дж, хорошую сбалансированность упругорастяжимых свойств теста (приблизительно 1,5), содержание белка до 18%, лизина в белке до 4%. Главным достоинством сорта должно быть стабильное качество зерна и наименьшее его снижение даже в годы с малоблагоприятными метеорологическими условиями для формирования высокого качества.

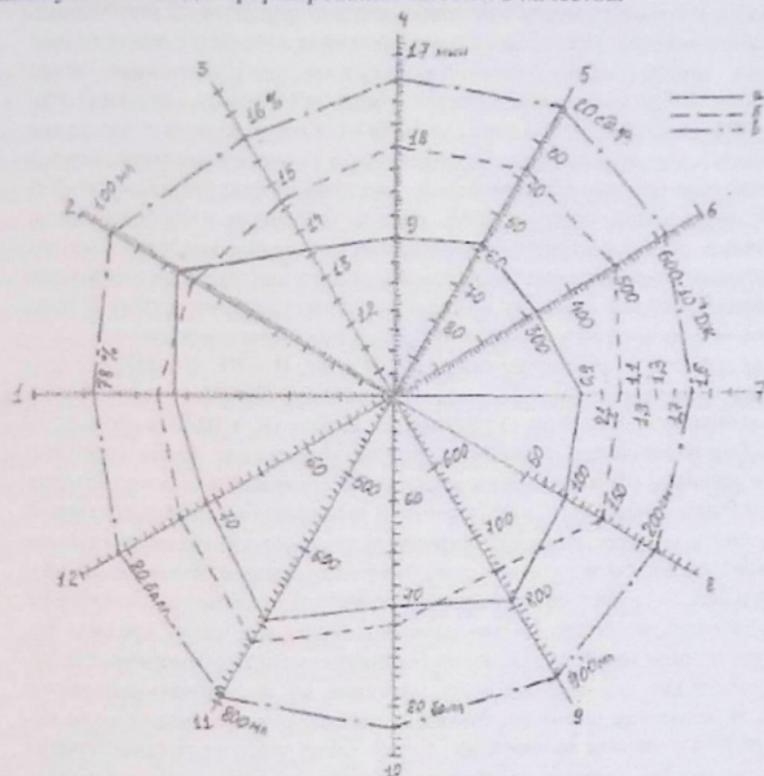


Рис. 17. Графическое изображение качества зерна сортов мягкой пшеницы (по В. Ф. Дорофееву):

*a* – Безостая 1; *b* – Саратовская 29; *v* – идеальный сорт сильной пшеницы; 1 – мукомольная оценка; 2 – набухаемость муки; 3 – содержание белка; 4 – время до начала разжижения теста на фаринографе; 5 – разжижение теста при записи на фаринографе; 6 – «сила» муки на альвеографе; 7 – отношение упругости теста к растяжимости ( $p/l$ ); 8 – энергия теста при испытании на экстенсографе (S); 9 – объем хлеба при пробной выпечке; 10 – пористость хлеба при пробной выпечке; 11 – объем хлеба при выпечке на смесительную ценность; 12 – пористость хлеба при выпечке на смесительную ценность.

Мягкая пшеница как главная хлебная культура более других видов пользуется вниманием селекционеров. Но для повышения ее продуктивности и качества селекционеры все чаще обращаются к скрещиваниям мягкой пшеницы с другими видами и родами злаковых. Лучшие по качеству сорта яровой пшеницы саратовской селекции – Альбидум 24, Сар-рубра, Саратовская 29, Саратовская 36, Саратовская 52 и др. созданы методом сложной ступенчатой гибридизации с участием форм твердой пшеницы.

Кихара и его сотрудники синтезировали ряд фертильных гексаплоидных форм пшеницы. При этом они использовали в качестве материнских растений дикую однозернянку, культурные тетраплоидные виды *T. turgidum* и *T. persicum*, а в качестве отцовской формы – два вида эгилосов: *Ae. speltoides*, *Ae. tauschii*. Геном В от *Ae. speltoides* в сочетании с геномом А<sup>5</sup> однозернянки дал специфическую тугую клейковину твердой пшеницы, высокое содержание белка, стекловидное крупное зерно. Геном D, полученный от *Ae. tauschii*, внес в эндосперм мягкой пшеницы клейковину, обеспечивающую высокие хлебопекарные качества. Эти работы создали теоретические предпосылки нового направления в селекции высококачественной пшеницы – создание синтетических сортов с привлечением большого видового разнообразия пшеницы и эгилоса.

В результате комбинирования генов *Wx-A1*, *Wx-B1*, *Wx-D1*, контролирующих биосинтез амилозы – синтазы крахмала (GBSS – granule bound starch synthase) Р. Грейбош (Университет Небраски, США) в 1996 году создал формы пшеницы, полностью лишенной амилозы. Такие сорта получили название «Waxy». У них крахмал не содержит амилозу, которая имеет низкую способность к набуханию и вызывает быстрое очерствение хлеба. Амилоза имеет линейную структуру полимерной молекулы (молекулярный вес до 3 млн дальтон). Амилопектин – второй основной компонент крахмала – имеет разветвленную структуру полимерной молекулы (молекулярный вес более 10 млн дальтон). Благодаря этому крахмал такой муки и хлеба имеет значительно большую емкость поглощения вредных химических соединений и их удаления из желудочно-кишечного тракта. В настоящее время во многих селекционных компаниях мира ведется работа с такими пшеницами. Сорта таких пшениц предназначены для производства высококачественной лапши, диетических продуктов, добавок. В перспективе они могут быть использованы для производства высококачественного нечерствеющего хлеба и хлебобулочных изделий.

Для целенаправленного создания сортов мягкой пшеницы с разнообразным качеством используются скрещивания с дикорастущими сородичами пшеницы и другими ее видами (*Ae. cylindrica*, *Ae. tauschii*, *T. dicoccoides*, *T. monococcum*, *T. macha*, *T. dicoccum*, *T. spelta* и др.), обладающих ценными для селекции признаками – высоким содержанием белка и лизина, клейковины и др.

Мягкая пшеница как главная хлебная культура более других видов пользуется вниманием селекционеров. Но для повышения ее продуктивности и качества селекционеры все чаще обращаются к скрещиваниям мягкой пшеницы с другими видами и родами злаковых. Лучшие по качеству сорта яровой пшеницы саратовской селекции – Альбидум 24, Сар-рубра, Саратовская 29, Саратовская 36, Саратовская 52 и др. созданы методом сложной ступенчатой гибридизации с участием форм твердой пшеницы.

Кихара и его сотрудники синтезировали ряд фертильных гексаплоидных форм пшеницы. При этом они использовали в качестве материнских растений дикую однозернянку, культурные тетраплоидные виды *T. turgidum* и *T. persicum*, а в качестве отцовской формы – два вида эгидопсов: *Ae. speltoides*, *Ae. tauschii*. Геном В от *Ae. speltoides* в сочетании с геномом А<sup>n</sup> однозернянки дал специфическую тугую клейковину твердой пшеницы, высокое содержание белка, стекловидное крупное зерно. Геном D, полученный от *Ae. tauschii*, внес в эндосперм мягкой пшеницы клейковину, обеспечивающую высокие хлебопекарные качества. Эти работы создали теоретические предпосылки нового направления в селекции высококачественной пшеницы – создание синтетических сортов с привлечением большого видового разнообразия пшеницы и эгидопса.

В результате комбинирования генов *Wx-A1*, *Wx-B1*, *Wx-D1*, контролирующих биосинтез амилозы – синтазы крахмала (GBSS – granule bound starch synthase) Р. Грейбош (Университет Небраски, США) в 1996 году создал формы пшеницы, полностью лишенной амилозы. Такие сорта получили название «Ваху». У них крахмал не содержит амилозу, которая имеет низкую способность к набуханию и вызывает быстрое очерствение хлеба. Амилоза имеет линейную структуру полимерной молекулы (молекулярный вес до 3 млн дальтон). Амилопектин – второй основной компонент крахмала – имеет разветвленную структуру полимерной молекулы (молекулярный вес более 10 млн дальтон). Благодаря этому крахмал такой муки и хлеба имеет значительно большую емкость поглощения вредных химических соединений и их удаления из желудочно-кишечного тракта. В настоящее время во многих селекционных компаниях мира ведется работа с такими пшеницами. Сорта таких пшениц предназначены для производства высококачественной лапши, диетических продуктов, добавок. В перспективе они могут быть использованы для производства высококачественного нечерствующего хлеба и хлебобулочных изделий.

Для целенаправленного создания сортов мягкой пшеницы с разнообразным качеством используются скрещивания с дикорастущими сородичами пшеницы и другими ее видами (*Ae. cylindrica*, *Ae. tauschii*, *T. dicoccoides*, *T. monococcum*, *T. macha*, *T. dicoccum*, *T. spelta* и др.), обладающих ценными для селекции признаками – высоким содержанием белка и лизина, клейковины и др.

У вида *T. boeoticum* содержание белка в зерне достигает 37%, сырой клейковины – 57%, у *T. monosocum* количество белка в зерне составляет 27,8%. В группе тетраплоидных пшениц высокое содержание белка отмечено у *T. dicoccoides* – 24,3%; *T. dicocum* – 23,9%. Ряд форм *T. polonicum* имеет крупное стекловидное зерно с высоким содержанием белка – до 26,9% и хорошими физическими свойствами клейковины.

Высококачественные образцы с содержанием белка до 24,8% имеются у гексаплоидного вида *T. speina*, причем хлеб, полученный из муки ряда образцов, обладает способностью долго не черстветь. Высокими хлебопекарными качествами с повышенным содержанием белка (до 22%) отличаются некоторые образцы *T. compactum*, *T. sphaerococum*, которые имеют шаровидную форму зерновки. Такая форма зерновки способствует не только высокому содержанию белка, но и повышенному выходу муки.

Ген *P*, перенесенный в пшеницу от *T. polonicum*, открыт в 1997 году Ватанаба (Япония). Морфологически он проявляется в виде очень длинной колосковой чешуи. Ген оказывает положительное влияние на качество крахмала, который быстрее желатинируется, а лапша имеет большой объем набухания и высокую эластичность.

Главным препятствием успешного использования диких и полукультурных видов в селекции пшеницы на качество, как и на другие положительные признаки, является, по-видимому, достаточно тесное сцепление генов, контролирующих содержание белка и лизина со многими другими генами, нежелательными для культурных сортов (ломкость колосового стержня, мелкозерность и др.). Наличие таких блоков коадаптированных генов препятствует их свободной рекомбинации при гибридизации.

В 1998–2006 гг. был клонирован ген *GPC*, который был потерян у всех возделываемых видов пшеницы и который увеличивает содержание белка и Zn на 5–10%. В 2010 году созданы два сорта с геном *GPC* (В. Дубковский, 2011).

В селекции пшеницы на устойчивость к ряду неблагоприятных факторов активно используются ржано-пшеничные транслокации. Однако часто они снижают качество хлеба. В 2002 году профессор Лукашевский (Калифорнийский университет, США) «отремонтировал» транслокацию *IRS/IBL*. Он «вырезал» плохой для качества хлеба аллель *Gli 1B3*, заменив его на хороший *Gli 1B1*. Устойчивость к болезням, полученная пшеницей от ржи, при этом сохранилась. Таким образом, полученную транслокацию можно использовать в селекции пшеницы в качестве источника устойчивости к ряду заболеваний без риска ухудшения качества хлеба.

В настоящее время генофонд пшеницы с высокими технологическими свойствами насчитывает более 500 образцов. Среди высококачественных образцов коллекции имеются образцы, близкие по отдельным признакам качества зерна к показателям идеального сорта.

Наибольшее количество сильных пшениц выделено из образцов России, Казахстана, Украины, Придунайских стран Европы и Северной Америки. Особую ценность представляют образцы, сохраняющие стабильно высокие показатели качества зерна в разных зонах возделывания. К ним относятся из яровых пшениц: Полтавки из Саратовской области, Гирка из Ростовской области и Казахстана, ряд местных сортов Азербайджана, Северного Казахстана, Канады, Аргентины и др.

## 2.7. Схемы оценки качества зерна

В ведущих селекцентрах страны разработаны и применяются системы оценок качества зерна применительно к конкретным зонам. При всех схемах отбор перспективных по качеству гибридов начинается с первых поколений, отбраковка низкокачественного материала продолжается в течение всего селекционного процесса.

Ниже приведена примерная схема оценки качества зерна мягкой пшеницы в процессе селекции (табл. 17). В соответствии с ней зерно гибридных популяций первого поколения и индивидуальных растений второго поколения оценивается по физическим показателям (масса 1000 зерен расчетным методом, стекловидность – обычно визуальным методом без разрезания зерна, форма зерна и др.), а также по показателю седиментации, определяемому по набухаемости в уксусной кислоте (микрометодом). Этот анализ позволяет выбраковать низкокачественные образцы еще на первых этапах селекционного процесса.

Таблица 17

Примерная схема оценки качества зерна пшеницы  
в процессе селекции

Питомшки, сортоиспытания	Количество зерна для анализа, г	Вид анализа
Коллекционный питомник	100–150	Физические свойства зерна (масса 1000 зерен, стекловидность, размеры, форма и окраска), седиментация, тест-число (метод Пельшенке), содержание сырого протеина, количество и качество клейковины – микрометодами, микровыпечка
Гибриды F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , F <sub>3</sub>	5	Физические свойства зерна, седиментация
Селекционный питомник	5–40	Физические свойства зерна, содержание сырого протеина и белка, количество и качество клейковины (микрометоды), седиментация

Питомник, сортоиспытания	Количество зерна для анализа, г	Вид анализа
Контрольный питомник	250	Физические свойства зерна, твердозерность, содержание белка, аминокислотный состав, количество и качество клейковины муки на приборе «Глютоматик» или стандартными методами, физические свойства теста на фаринографе и микальвеографе, выпечка хлеба полумикрометодом (50 г на два хлеба)
	500	Те же анализы, но выпечка хлеба стандартным методом (по 100 г муки на три хлеба: 2 формовых и 1 подовый)
Предварительное, конкурсное, зональное, Государственное сортоиспытания	1500	Те же анализы, но стандартными методами, анализ химического состава муки и зерна

В селекционном питомнике часто определяют содержание белка и клейковины (микрометодами), а в контрольном питомнике селекционные номера отбирают по комплексу качественных признаков.

При количестве зерна для анализа не менее 500 г хлебопекарные свойства определяют путем проведения пробной выпечки стандартным методом. Если количество зерна не превышает 250 г, то его анализируют по этим же признакам качества, но выпечку хлеба проводят полумикрометодом. Физические свойства теста определяют на фаринографе и альвеографе с микроприставкой или микроэкстенсографе.

Образцы конкурсного сортоиспытания оценивают по основным признакам качества с помощью стандартных методов исследования технологических и химических свойств. Большое внимание необходимо уделять изучению технологических свойств перспективных сортов в экологическом сортоиспытании. Это позволяет путем анализа зерна урожая только одного года получить обширный материал и дать подробную характеристику изменчивости качественных показателей.

Качество зерна у коллекционного материала во Всероссийском НИИ растениеводства оценивают по следующей схеме:

I этап – определение набухаемости муки и содержания белка экзпресс- и микрометодами и расчет силы муки на единицу содержания белка;

II этап – определение устойчивости теста к замесу на микрофаринографе ускоренным методом;

III этап – полная технологическая оценка микро- и макрометодами (в зависимости от наличия зерна), испытание на приборах, проведение пробной выпечки микро- и полумикрометодами и определение смеси-тельной ценности.

При оценке пшеницы на самопишущих приборах, связанных с определением реологических свойств белкового комплекса (II и III этапы), сравнивают силу муки не только по абсолютным показателям, но и по показателям, отнесенным к единице содержания белка.

## 2.8. Сорты пшеницы

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включено 515 сортов мягкой пшеницы, в том числе 304 сорта озимой и 211 – яровой, 26 – яровой твердой, 45 – озимой твердой, 2 сорта тургидной и 3 – шарозерной пшеницы.

Из них 73 сорта озимой и 46 сортов яровой мягкой пшеницы относятся к сильным сортам, а 131 и 85 сортов соответственно – к ценным по качеству сортам. Все три имеющихся в Реестре сорта шарозерной пшеницы (Шарада, Еремеевна и Прасковья) отнесены к сильным.

Ниже приводится краткая характеристика качества зерна ряда возделываемых в настоящее время сортов пшеницы, различающихся по технологическим показателям.

*Московская 70* – сорт озимой пшеницы, созданный в НИО «Подмосковье» (ныне Московский НИИСХ «Немчиновка») и Рязанской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции отбором из гибридной популяции (Мироновская 808 × Краснодарский карлик 1) × Мироновская 808 × Заря. В Госреестре селекционных достижений с 1991 г.

Разновидность лютеценс. Ценная пшеница. Зерно яйцевидное, бороздка средняя, узкая; от среднего до крупного, масса 1000 зерен 32,6–45,0 г; содержание белка 13,2–16,1%, сырой клейковины – 26,5–34,7%, показатель альвеографа 257–354 е. а., объем хлеба из 100 г муки 1330 мл, общая хлебопекарная оценка 4,0–4,8 балла.

*Московская 39* – сорт озимой пшеницы, создан в Московском НИИСХ «Немчиновка» методом индивидуального отбора из гибридной популяции (Обрий × Янтарная 50). В Госреестре селекционных достижений с 1999 г.

Разновидность эритроспермум. Сильная пшеница. Зерно красное, удлиненно-яйцевидной формы. Масса 1000 зерен 34–42 г. Зерно обладает высокими хлебопекарными качествами: содержание белка 14–16%, клейковины – до 40%, сила муки – 370–400 е. а., объемный выход хлеба из 100 г муки – до 1275 см<sup>3</sup>.



Рис. 18. Конкурсное сортоиспытание озимой пшеницы.  
Московский НИИСХ «Немчиновка»

*Немчиновская 57* – сорт озимой пшеницы, созданный в Московском НИИСХ «Немчиновка». Получен индивидуальным отбором из гибридной комбинации (Донщина × Памяти Федина) × Московская 39. В Госреестре селекционных достижений с 2009 г.

Разновидность эритроспермум. Зерно крупное, масса 1000 зерен 40–47 г, яйцевидной формы, красное, бороздка средняя, узкая. Содержание белка в зерне 13,9%, клейковины – 35% при ИДК 86 ед. шк., сила муки – 243 е.а., объемный выход хлеба из 100 г муки 964 см<sup>3</sup>.

*Ермак* – сорт озимой пшеницы. Создан во Всероссийском НИИ зерновых культур имени И.Г. Калиненко методом отбора из гибридной комбинации [2412/87 × (Донская полуинтенсивная × Олимпия) × Донщина]. В Госреестре селекционных достижений с 2001 г.

Разновидность эритроспермум. Ценная пшеница. Масса 1000 зерен 36–49,0 г. Натура зерна – 805–823 г/л. Содержание белка в зерне 13,0–14,7%, клейковины – 21,8–27,8%, ИДК – 62–84 ед. шк. Объем хлеба из 100 г муки 1080–1300 мл, общая хлебопекарная оценка – 9,0 балла.

*Саратовская 58* – сорт яровой пшеницы, создан в НИИСХ Юго-востока из гибридной комбинации Саратовская 46 × Саратовская 39. В Госреестре селекционных достижений с 1990 г.

Сильная пшеница, разновидность лютеценс. Зерно полуудлиненной формы, с неглубокой бороздкой, красное, средней крупности и крупное: масса 1000 зерен 30,6–48,8 г. Содержание белка в зерне 13,6–17,1%, сырой клейковины – 30,6–48,8%, показатель альвеографа – 325–471 е. а., объем хлеба из 100 г муки 1050–1640 мл, хлебопекарная оценка 4,0–4,8 балла.

*Омская озимая* – сорт, созданный в Сибирском НИИСХ совместно с Московским отделением ВИР им. Н. И. Вавилова методом индивидуального отбора на провокационном фоне из мутантов популяции М<sub>7</sub> Миронской 808, полученной от воздействия ЭИ 0,01%. В Госреестре селекционных достижений с 1989 г.

Разновидность субэритроспермум. Хлебопекарные качества на уровне филлера. Зерно овально-удлиненное, с бороздкой средних размеров, средней крупности и крупное, масса 1000 зерен 33,2–44,9 г; содержание белка 14,5%, сырой клейковины – 32,4%, показатель альвеографа 235 е. а., объем хлеба из 100 г муки 1250 мл, общая хлебопекарная оценка 4,8 балла.

*Эстер* – сорт яровой пшеницы, создан в Московском НИИСХ «Немчиновка» методом индивидуального отбора из гибридной популяции F<sub>4</sub> от скрещивания сорта Эта с линией 52/4. В родословную линию 52/4 входят сорта Нададорес 63, Минская, Зорба (озимая) и образец Но 15080. В Госреестре селекционных достижений с 2004 г.

Разновидность лютеценс. Ценная пшеница. Зерно полуудлиненной формы с длинным хохолком, красного цвета, бороздка неглубокая. Консистенция стекловидная. Зерно средней крупности, масса 1000 зерен 35–40 г. Содержание клейковины 30–50% при ИДК 70–75 е. шк., объемный выход хлеба 1000–1100 см<sup>3</sup>, сила муки 300–450 е. а., высокое число падения (360–450 е).

## Вопросы к главе 2

1. Охарактеризуйте задачи селекции пшеницы на качество зерна.
2. На какие типы подразделяют пшеницу?
3. Опишите требования к сортам пшеницы в зависимости от целевого использования.
4. Классификация сортов пшеницы по технологическим свойствам. Охарактеризуйте каждую группу.
5. Опишите биохимические процессы, происходящие при замесе теста.
6. Какова роль глиадина и глютелина в хлебопечении?
7. От чего зависит соотношение клейковина/белок?
8. Перечислите показатели качества клейковины. На какие группы она делится по физическим свойствам?
9. Как определить количество и качество сырой клейковины?
10. Опишите косвенные методы оценки качества клейковины.
11. Перечислите физические свойства теста. Какими приборами они определяются?
12. Охарактеризуйте структуру эндосперма зерновки пшеницы. Какую роль играет прикреплённый и промежуточный белок?
13. Каково значение амилолитических ферментов в зерне?
14. Какие процессы происходят в прорастающей зерновке?
15. Опишите методы селекционной оценки устойчивости к прорастанию зерна в колосе.
16. Охарактеризуйте прямые показатели качества зерна.
17. Как усилить газообразующую способность муки?
18. От чего зависит газодерживающая сила муки?
19. Как выявить хлебопекарные качества сильных пшениц?
20. Какие косвенные показатели характеризуют качество зерна?
21. Опишите характер наследования у гибридов: а) белковости; б) содержания лизина; в) качества клейковины; г) массы 100 зерен; д) показателя седиментации.
22. Модель сорта при селекции на качество.
23. Какие виды используют в селекции мягкой пшеницы на высокие хлебопекарные качества?
24. Опишите перспективы селекционной работы с сортами «Ваху».
25. Что препятствует использованию диких и полукультурных видов в селекции на качество?
26. Опишите схему оценок, проводимых на разных этапах селекционного процесса.
27. Какие селекционные учреждения ведут селекцию озимой и яровой пшеницы?

Рожь является второй хлебной культурой после пшеницы. Использование ржи на корм ограничивается низкими вкусовыми качествами зерна и содержанием в поверхностных слоях веществ, угнетающих рост. В ряде регионов она широко используется на зеленый корм.

Для всех природно-климатических зон, в которых возделывается озимая рожь, главная задача селекции – создавать сорта, сочетающие высокую и стабильную урожайность по годам с хорошими технологическими и хлебопекарными качествами зерна.

Основными показателями, которые учитывают в селекции на качество зерна ржи, являются форма зерна и его крупность, стекловидность, цвет и натура, содержание белка и незаменимых аминокислот, вредных соединений типа 5-алкилрезорцинолов, а также состояние углеводно-амилазного комплекса, определяющее устойчивость зерна к прорастанию на корню.

### 3.1. Физические показатели

Физические показатели качества зерна ржи (форма и размеры зерновки, масса 1000 зерен, структура эндосперма, цвет зерна и др.) связаны с их пищевыми и технологическими свойствами и, естественно, должны учитываться в процессе селекции.

**Форма и длина зерновки.** Зерновка ржи отличается продолговатой или овальной формой. Она несколько сжата с боков, имеет достаточно глубокую бороздку. По длине и форме зерновки описывают пять типов: длинное зерно – более 8 мм, средней длины – 7–8 мм, короткое – менее 7 мм; овальное – отношение длины зерна к его толщине 3,3 и менее, удлиненное – отношение длины к толщине более 3,3. Очень часто сорта имеют переходную форму зерна. Наиболее предпочтительной считается овально-удлиненная с овальным зародышем и неглубокой бороздкой.

**Масса 1000 зерен.** Этот показатель характеризует крупность зерна. Наиболее крупные зерна ржи формируются на северо-западе, мелкие – в Сибири. Масса 1000 зерен имеет следующие градации: высокая – 36 г и более, выше средней – 31–35 г, средняя – 26–30 г, ниже средней – 21–25 г, низкая – 20 г и ниже. Зерно тетраплоидной ржи значительно крупнее и под эту градацию не подходит, поскольку масса 1000 зерен у нее колеблется от 30 до 50 г и более.

Масса 1000 зерен связана с натурой зерна и выходом муки, который, как правило, выше у крупнозерных сортов.

**Консистенция зерна** определяется степенью его стекловидности. Стекловидность у ржи выражена меньше, чем у пшеницы, и обусловлена

плотным расположением крахмала в плазме клеток эндосперма и прочным сцеплением крахмальных гранул. Консистенция зерна — изменчивый признак и в значительной степени зависит от условий произрастания сорта. Наиболее стекловидное зерно формируется при выращивании ржи в степной зоне при сухой, жаркой погоде. Этот показатель у разных сортов варьирует от 5 до 80 и в среднем составляет 30–40%. Определяют стекловидность обычно визуально путем просмотра поперечного среза у 100 зерен, реже — с помощью диафаноскопа (см. рис. 15).

Стекловидность заметно влияет на физико-механические и мукомольные свойства зерна и качество вырабатываемой муки. С повышением стекловидности, как правило, увеличивается выход крупок и дунстов (промежуточной фракции между крупкой и мукой).

Окраска зерна определяется цветом алейронового слоя, семенной и плодовой оболочек, а также толщиной и прозрачностью оболочек. Плодовая оболочка обычно серо-желтая или бесцветная. Семенная оболочка содержит оранжевый красящий слой. Зелено-синяя окраска зерна ржи обусловлена присутствием в алейроновом слое зеленого пигмента — хлорофилла и синего — антоциана. Желтые каротиноидные пигменты находятся в зернах любой окраски и примерно в одинаковых количествах; окраска зерна в целом зависит от соотношения первых двух пигментов.

В результате цвет зерна может быть светло-серым, серо-желтым, зеленовато-желтым, темно-зеленым, черно-фиолетовым, но чаще — белым, желтым, зеленым разных оттенков, фиолетовым. Коричневую окраску зерна ржи связывают с поражением альтернариозом.

Почти все сорта по окраске зерна неоднородны. При описании сорта отмечают преобладающий цвет с указанием примеси других. Белый цвет обусловлен отсутствием пигментов и определяется рецессивным геном *l*. Известны немецкие белозерные сорта Гейнес хелькори. Это и другие, а также белозерные формы, полученные в селекционных учреждениях нашей страны. Хлеб из муки белозерных форм имеет более светлый цвет мякиша.

Окраска зерна в некоторой степени может влиять на посевные, урожайные и технологические свойства. Рядом исследователей (Л. П. Бондаренко, Н. С. Беркутова и др.) было установлено, что зерно зеленой окраски разных оттенков обладает более высокими показателями качества. Однако такая закономерность не является абсолютной и наблюдается далеко не всегда.

### 3.2. Химический состав зерна

Соотношение массы отдельных частей зерновки ржи такое: плодовые и семенные оболочки составляют 7–10%; зародыш — 3–4; алейроновый слой — 8–12,9; эндосперм — 70–79%.

Химический состав различных частей зерновки ржи сорта  
Вятка, % (по В. Ф. Голенкову)

Части зерновки	Белок	Крахмал	Пентозаны	Клетчатка	Зола	Жир	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
Оболочки	—	—	32,71	26,30	4,09	—	—	—
Алейроновый слой с эндоспермом	9,86	70,80	7,00	0,83	1,78	1,71	0,58	0,12
Эндосперм	9,01	78,29	4,26	0,26	0,45	0,63	0,30	0,10
Зародыш со шитком	37,28	—	6,43	—	5,21	16,98	7,1	40,39
Целое зерно	10,71	57,63	9,24	3,17	2,07	1,98	0,37	0,20

Содержание различных веществ в зерне ржи может изменяться в зависимости от сорта, зоны выращивания и агротехники. Основным показателем питательной ценности зерна является содержание белка и незаменимых аминокислот.

Среднее количество белка в зерне отечественных сортов ржи составляет 13%. Колебания в содержании белка в пределах одного сорта в зависимости от почвенно-климатических условий выращивания составляют около 30%. Высокое содержание белка в зерне этой культуры обычно коррелирует с большей континентальностью климата. Минимальное количество белка (11,2–12,7%) накапливается при выращивании ржи в Ленинградской области, а максимальное (15,3–18,7%) – в Ташкенте.

Мировая коллекция ржи по содержанию белка разделена на три группы: низкобелковые – менее 10%, среднебелковые – 10,1–13,0% и высокобелковые – более 13%. Подавляющее число образцов имеет среднее содержание белка.

Особую ценность для селекции представляют крупнозерные высокобелковые сортообразцы коллекции ВИР: София № 59, Местная К-10030 и др. В качестве исходного материала представляют интерес образцы сорно-полевой ржи с содержанием белка от 16,5 до 19,5%, а также дикие виды *S. kuprianovii* и *S. montanum*. Кроме того, часто наблюдается значительное варьирование по этому показателю внутри сорта. Например, сорт Вятка 2 включает генотипы, содержащие от 7 до 15% белка, при среднем его содержании в зерне сорта 11–13%. В этом случае достаточно эффективным может быть внутрисортной отбор.

Содержание белка является полигенным признаком, поэтому при скрещиваниях высокобелковых сортов с низкобелковыми наблюдается в

большинстве случаев промежуточное наследование, при этом лучшие результаты получают при использовании высокобелковых форм в качестве матери.

Резервом увеличения содержания белка в зерне иногда может служить полиплоидия. У тетраплоидных сортов ржи по сравнению с диплоидными содержание белка может повышаться на 1,5–2% при одновременном увеличении лизина в белке.

Белки зерна ржи не способны формировать связную клейковину. Образованием клейковины ржи из глиадина и глютеина, содержание которых ниже, чем у пшеницы, препятствует наличие слизистых веществ (гумми), которые вступают в соединения с белками, в том числе и клейковинными, и формируют белково-углеводный комплекс, обладающий повышенной растворимостью и меньшей упругостью.

В настоящее время разработаны методы отмывки ржаной клейковины. Клейковина ржи по сравнению с пшеничной значительно слабее и менее упруга, имеет более темный цвет и повышенную гидратационную способность.

Изучение фракционного состава белка ржи (табл. 19) показало, что по сравнению с пшеницей он отличается повышенным содержанием альбуминов – 25–35% (у пшеницы 5–15%) и глобулинов – 15–25% (у пшеницы 10–20%). Это свидетельствует о более высокой биологической и питательной ценности белка ржи.

Таблица 19

Аминокислотный состав белковых фракций ржи и пшеницы, г на 100 г белка (по Б. П. Плешкову)

Аминокислота	Альбумины		Глобулины		Протамини		Глютелины		Эталон ФАО*
	Пшеница	Рожь	Пшеница	Рожь	Пшеница	Рожь	Пшеница	Рожь	
Алаани	5,8	4,7	4,4	4,6	2,0	1,8	4,3	4,0	–
Аргинин	7,8	5,8	11,5	9,2	2,7	2,3	6,5	5,5	–
Аспарагиновая	8,3	6,4	7,4	6,9	2,1	2,7	6,5	5,8	–
Валин	6,1	5,7	5,7	6,1	3,8	3,7	6,1	5,8	5,0
Гистидин	3,0	2,3	3,5	2,7	1,7	1,9	2,7	4,8	–
Глицин	4,8	3,5	5,2	5,2	2,1	1,4	4,4	4,5	–
Глутаминовая	19,9	23,1	21,5	23,0	43,8	42,7	25,3	27,0	–
Изолейцин	3,6	4,1	3,5	4,2	4,0	3,0	4,3	3,6	4,0
Лейцин	7,5	8,0	7,3	7,5	7,3	5,9	8,2	7,3	7,0
Лизин	6,5	7,0	4,5	4,9	0,7	0,9	4,6	4,1	5,5
Метюнин	1,9	2,0	1,0	1,5	0,9	1,1	1,5	1,5	1,7

Аминокислота	Альбумины		Глобулины		Проламины		Глютелины		Эталон ФАО*
	Пшеница	Рожь	Пшеница	Рожь	Пшеница	Рожь	Пшеница	Рожь	
Пролин	6,8	10,2	6,4	7,3	13,9	17,9	7,8	9,1	—
Серин	4,5	4,8	5,2	5,0	4,0	4,2	5,1	4,4	—
Тирозин	3,8	2,5	3,3	2,6	2,6	1,9	3,3	3,1	—
Треонин	4,3	3,8	3,3	3,4	1,6	2,0	3,8	3,1	4,0
Триптофан	2,2	1,4	1,5	1,5	0,4	0,4	1,1	1,1	1,0
Фенилаланин	5,3	6,5	6,3	6,0	6,8	7,7	3,4	3,5	2,6

Примечание. \*Только для незаменимых аминокислот.

Оценка зерна ржи по стандартам ФАО позволила установить, что с точки зрения питательности первой предельной аминокислотой является изолейцин (как для белков эндосперма, так и зародыша), далее идет лизин, но в отдельных случаях он следует после треонина, фенилаланина, метионина и лейцина.

Значительная доля лизина в зерне (21,5%) приходится на зародыш семени. У высокобелковых сортов ржи содержание лизина зародыша может колебаться от 14,7 до 22,9% (Р. П. Кубичек и др.). В связи с этим имеется возможность путем отборов повысить соотношение зародыш/эндосперм и улучшить аминокислотный состав белков ржи, что особенно важно для кормового использования, тем более что при селекции на повышенное содержание белка в первую очередь увеличивается содержание проламиновой фракции запасных белков, а она чрезвычайно бедна лизином.

Эффективность отбора в селекции значительно повышается, если определены корреляции между отдельными хозяйственно-ценными признаками. В. Д. Кобыляским были установлены следующие взаимосвязи:

урожайность зерна – содержание белка в зерне  $r = -0,41$ ;

масса 1000 зерен – содержание белка и лизина в зерне  $r = -0,49-0,72$ ;

содержание белка в зерне – лизина в зерне  $r = 0,72-0,81$ ;

содержание белка в зерне – лизина в белке  $r = -0,36-0,51$ ;

содержание лизина в белке – лизина в зерне  $r = 0,11-0,23$ .

Таким образом, увеличение массы 1000 зерен у ржи может приводить к снижению количества белка и лизина в зерне, но с одновременным увеличением содержания лизина в белке. Следовательно, возможна селекция на одновременное повышение содержания белка и лизина в зерне.

**5-алкилрезорцинолы** – это вещества, тормозящие усвояемость некоторых составных частей белка и снижающие, таким образом, перевари-

мость зерна. Они представляют собой соединения резорцина (метадигидроксильбензола) с алкилами, имеющими длину цепи с непарным числом атомов углерода (у ржи – 15–23), причем отрицательные свойства в наибольшей степени проявляются при числе атомов, равном 15.

Наибольшая концентрация 5-алкилрезорцинолов приходится на наружный кутикулярный покров зерновки (до 40% объема кутикулы), при этом около 40% общего их количества сосредоточено в прилегающей к зародышу зоне и 60% – в остальной части оболочки зерна. Они практически отсутствуют в семенной оболочке, эндосперме и зародыше.

В муке сортового помола обнаруживаются лишь следы этих веществ, в обойной 95%-ной муке – 203–450 мг/кг, а в отрубях их количество максимальное – 800–900 мг/кг. При выпечке хлеба из обойной муки содержание 5-алкилрезорцинолов снижается на 31–53%. В процессе хранения зерна и муки доля этих веществ уменьшается вследствие их распада. Как правило, у более крупного зерна процент 5-алкилрезорцинолов гораздо ниже.

Содержание этих веществ у разных сортов ржи варьирует в достаточно широких пределах – от 132 до 717 мг/кг, причем наблюдаются значительные внутрисортные различия, что позволяет вести эффективный отбор на их пониженное содержание. Из коллекции ВИР выделены образцы с минимальным содержанием 5-алкилрезорцинолов (менее 30 мг/кг) и высокой массой 1000 зерен (более 40 г).

Углеводы являются основной составной частью зерна ржи, их общее содержание достигает 70–80% всех веществ. В основном это крахмал (около 60%), кроме этого, содержится сахара, декстрины, гемицеллюлоза, пентозаны. Крахмал сосредоточен в эндосперме зерна в виде различных по форме крахмальных гранул – от мелких многоугольных или округлых до крупных чечевицеобразных. Разрушение крахмальных гранул ржи под действием ферментов происходит радиально, в итоге образуется как бы звездочка с несколькими лучами.

Крахмал ржи имеет более низкую, чем пшеничный, температуру клейстеризации, почти совпадающую с оптимумом действия фермента  $\alpha$ -амилазы, соответственно 55–58 и 54–63°C. Это может объясняться особым строением крахмальных гранул (наличие трещин) и меньшей степенью полимеризации амилозы и амилопектина ржи. Для углеводов ржи характерно высокое содержание некрахмалоподобных полисахаридов – слизистых веществ (гексозанов и пентозанов), глюканов, фруктозанов и глюкофруктанов, общее количество которых в ряде случаев не меньше содержания белка.

Пентозаны (арабиноксиланы) – это водорастворимые некрахмальные полисахариды, основными компонентами которых являются: галактоза (40%), глюкоза (23%), арабиноза (17%), ксилоза (10%), манноза (5%) и рамноза (3%). В сухом веществе зерна их доля составляет 5–7%, что в 2 раза больше, чем в зерне пшеницы. Пентозаны образуют очень вязкие

растворы и поглощают воды в 10 раз больше их массы. Уровень вязкости и растворимость пентозанов ржи имеют большое значение для формирования хлебопекарных и кормовых достоинств зерна.

Как правило, сорта ржи, предназначенные для хлебопечения, характеризуются повышенным содержанием гидрофильных пентозанов, образующих очень вязкие растворы (слизи). Именно слизи оказывают существенное влияние на реологические свойства ржаного теста.

Количественная и качественная структура пентозанового комплекса определяется в основном генотипом сорта. Идентифицировано три локуса на хромосомах 3RS и 3RL, отвечающие за вязкость водного экстракта.

Пентозаны представляют собой высокомолекулярные полимеры, состоящие из разного количества мономеров (моносахаров), соединенных линейно или разветвленно гликозидными связями. По средней массе макромолекулы можно судить о степени полимеризации, которая в решающей степени определяет физические и технологические свойства пентозанов. Исследования А. А. Гончаренко и других показали, что степень полимеризации молекул пентозанов у ржи значительно выше, чем у пшеницы и тритикале. Сортные различия по средней молекулярной массе находятся в пределах 13,5–22,1%. Как правило, во влажные годы и при сильном полегании синтез и полимеризация молекул пентозанов замедляется.

В зерне ржи присутствуют два типа арабиноксиланов: низкомолекулярные (тип I) и высокомолекулярные (тип II), последние образуют более вязкие растворы. Соотношение между типами сильно варьирует по сортам. При этом пентозаны во внешних слоях зерновки имеют менее ветвистые молекулы и обладают более низкой молекулярной массой, чем пентозаны эндоспермальной части.

Были выделены водорастворимые пентозаны из зерна ржи с высокой, средней и низкой вязкостью. Пентозаны ржи с высокой вязкостью состояли из макромолекул с более высокой молекулярной массой. С молекулярной массой пентозанов положительно коррелирует содержание водорастворимых пентозанов, формоустойчивость подового хлеба и содержание белка, а отрицательно – натура зерна, масса 1000 зерен и объемный выход формового хлеба.

Большая вариация сортов по молекулярной массе пентозанов указывает на целесообразность включения этого признака в стратегию селекции ржи на качество. Оценка сортов ржи по степени полимеризации пентозанов может служить важным индикатором их технологических и хлебопекарных качеств, которые в решающей степени определяют направление использования сорта.

Установлено, что гены, ответственные за высокую вязкость водного экстракта, являются доминантными по своей природе, в популяции присутствуют с большей частотой и проявляют сильный аддитивный эффект. По этой причине отбор на высокую вязкость более результативен, чем на низкую.

В состав зерна ржи также входит: клетчатка (1,8–3,6%), жиры и липиды (1,8–2,2%), минеральные вещества (1,7–2,2%). В значительном количестве присутствуют витамины, особенно их много в зародыше и алейроновом слое (витамины E, B<sub>2</sub>, PP, провитамин A, пантотеновая кислота), а также комплексы ферментов – протеолитические, амилитические и другие.

**Ферменты.** В селекцию на улучшение технологических свойств озимой ржи особое значение придается созданию и отбору форм, устойчивых к прорастанию в колосе на корню.

Устойчивость зерна ржи к прорастанию обусловлена активностью амилитических ферментов, в первую очередь, это  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, и подавляюще гранулы крахмала к их действию. Процессы, протекающие при прорастании зерна, и их влияние на качественные показатели описаны ранее на примере пшеницы. Следует отметить, что склонность ржи к прорастанию зерна на корню отчасти зависит от плотности и положения колоса (поникий, слабо наклоненный, прямостоячий), а также от продолжительности периода покоя созревших семян.

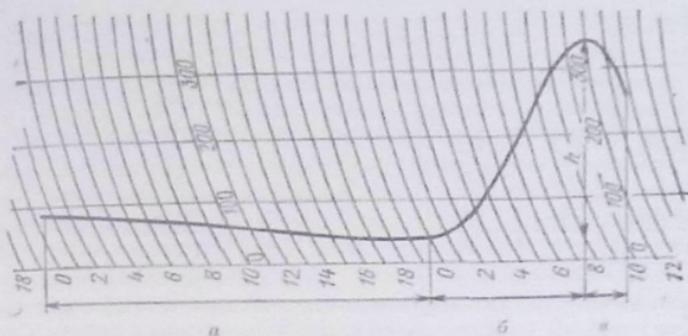
На основе многолетнего изучения коллекции озимой ржи из разных климатических зон было установлено, что высокими хлебопекарными качествами обладает большинство стародавних местных и выведенных с их участием сортов из зон с коротким летом (Сибирь, Северный Казахстан, Урал). Это объясняется тем, что в этих районах озимую рожь сеют семенами урожая прошлых лет, поскольку она созревает поздно. Хранение в течение года приводит к тому, что семена со скрытыми признаками прорастания и с коротким периодом покоя быстро теряют всхожесть, поэтому к посеву остаются только жизнеспособные, устойчивые к прорастанию геноотпы с более продолжительным периодом покоя (табл. 20).

Таблица 20

Характеристика высококачественных образцов озимой ржи  
(по В. Д. Кобылянскому)

Сорт, образец	Происхождение	Высота амилотрофии, с. а.		Число падения, с		Хлебопекарная оценка
		среднее	варьирувание	среднее	варьирувание	
Ветка 2 (стандарт)	Кировская обл.	252	110–380	253	94–325	Хор.
Местная К-10409	Якутия	395	270–520	306	302–310	Отл.
Местная К-8018	Алтай	353	260–400	194	160–227	Отл.
Местная К-8016	Казахстан	390	290–490	273	240–392	Отл.

В качестве показателей устойчивости зерна к прорастанию используют число падения ( $c$ ) и высоту амилограммы ( $e$ , а.) (рис. 19).



**Рис. 19. Амилограмма ржаной муки:**

*a* – кривая изменения вязкости; *b* – кривая достижения максимума вязкости; *c* – кривая снижения вязкости.

Установлен доминантно-дигенный, с аддитивным эффектом генетической контроль признака низкой  $\alpha$ -амилазной активности зерна. При гибридизации форм, различающихся по этому признаку, возможен гетерозис в  $F_1$ . Может наблюдаться и реципрокный эффект. Предпочтительно в качестве материнских форм использовать сорта с высокой устойчивостью к прорастанию.

В селекции в этом направлении рекомендуется использовать метод беккроссов и индивидуально-семейный отбор устойчивых растений.

При изучении тетраплоидных образцов мировой коллекции было установлено, что большинство из них обладает повышенной склонностью к прорастанию зерна в колосе, при этом ни одна из форм тетраплоидной ржи не превышала по технологическим признакам исходный диплоидный сорт.

Для отбора устойчивых к прорастанию зерна в колосе форм ржи используют различные методы оценки. В районах с достаточным и избыточным увлажнением можно выделять устойчивые к прорастанию формы при их уборке в несколько сроков – от начала восковой и до полной спелости, а также при перестое на корню. После обмолота отобранных растений определяют влажность зерна, количество проросших зерен и автолитическую активность.

Определение автолитической активности зерна в разные фазы созревания, особенно при перестое на корню, позволило установить четкую дифференциацию сортов по устойчивости к прорастанию (табл. 21).

Автолитическая активность зерна ржи при разных сроках уборки  
(по Н. С. Беркутовой)

Сорт	Число падения, с			Количество проросших зерен в колосе, % Среда: влажный мох
	восковая спелость	полная спелость	при перестое на корню	
Отелло (Швеция)	192	142	112	0,6
Вятка 2	200	144	61	43,0
Немчиновская 50	204	105	85	17,0
Саратовская 4	226	68	47	14,8

В годы с недостаточным увлажнением необходимо проводить оценку селекционного материала в специально оборудованных камерах с искусственным увлажнением. Можно использовать для этой цели стеллажи и площадки, на которых созданы условия для прорастания. Методика проведения таких оценок разработана в НИИСХ ЦРиЗ и других селекционных учреждениях.

В НИИСХ ЦРиЗ создан первый отечественный сорт Альфа, отселектированный по числу падения. Этот сорт при уровне урожайности 5 т/га и более превосходит стандарт (сорт Восход 2) по числу падения на 80–90 с, содержит больше пентозанов, имеет более высокую (на 10°C) температуру клейстеризации крахмала и обеспечивает высокое качество хлеба. Уникальные качества этого сорта позволяют поставить его в один ряд с сортами Отелло и Амилло, которые до недавнего времени являлись эталонами по устойчивости к прорастанию на корню.

### 3.3. Технологическая оценка

Зерно ржи, так же как и зерно пшеницы, используется при производстве хлеба. На мелькомбинатах вырабатывают муку трех видов: обойную (выход муки 95%), обдирную (выход муки 87%) и сеяную (выход муки 63%).

Химические и физические свойства ржаной муки зависят преимущественно от соотношения разных частей зерна и размеров его частиц, а также от степени измельчения муки. К показателям качества ржаной муки относят цвет, запах, вкус, отсутствие хруста при разжевывании, влажность, зольность, крупность помола и др. Совершенствование способов помола позволяет получить различные сорта муки, более широкий ассортимент выпекаемого из ржаной муки хлеба.

У ржи очень часто признаки, характеризующие мукомольные свойства, не соответствуют высокому качеству получаемого из нее хлеба. В ржаном хлебе каркасом служит денатурированный белково-углеводный комплекс совместно с клейстеризованным крахмалом. В основном на хлебопекарные свойства ржаной муки влияет углеводно-амилазный комплекс (количественное содержание и свойства углеводов и активность амилазы). Ржаная мука по углеводно-амилазному комплексу существенно отличается от пшеничной большим количеством сахаров, слизи, более низкой температурой клейстеризации крахмала, большей его атакуемостью и наличием в муке даже из непроросшего зерна  $\alpha$ -амилазы. Эти свойства обеспечивают сахаро- и газообразование в тесте. В то же время они ухудшают хлебопекарные качества из-за гидролиза и отчасти клейстеризации крахмала в процессе брожения теста. Вследствие этого крахмал иногда не способен связать всю влагу теста и в результате мякиш получается слегка влажным.

Важное отличие ржаного теста заключается в том, что в нем в основном протекает молочнокислое брожение, в то время как для пшеницы характерно спиртовое. Молочнокислый тип брожения приводит к быстрому повышению кислотности теста, и клейковинные белки ржи, в силу сравнительно небольшой молекулярной массы, легко растворяются в разбавленных растворах молочной, уксусной и других органических кислот. Особенности теста ржи также способствуют диспергируемости белков, которые не формируют связный клейковинный комплекс. Поэтому ржаное тесто более липкое по сравнению с пшеничным, не обладает эластичностью и плохо сохраняет приданную ему форму.

Из всех признаков, определяющих качество хлеба, наибольшим колебаниям подвержено состояние мякиша: его липкость, заминаемость, пористость и внешний вид хлеба. На цвет корки влияет в основном количество меланоидинов, образующихся за счет взаимодействия восстанавливающих сахаров с аминокислотами и пептидами. Цвет мякиша ржаного хлеба зависит от образования и активности тирозиназы, различных фенолоксидаз, свободных аминокислот и сахаров.

Выпеченный ржаной хлеб обладает приятным специфическим запахом и вкусом. Вещества, придающие запах свежему хлебу, состоят из сложной смеси различных альдегидов, кетонов, спиртов, кислот и эфиров.

#### 3.4. Методы определения хлебопекарных качеств

К настоящему времени известно большое количество различных методов определения хлебопекарных достоинств ржи. Все методы могут быть разделены на две группы: **косвенные**, основанные на изучении состояния углеводно-амилазного и частично белково-протеиназного ком-

плексов, и прямые, основанные на проведении выпечки хлеба и оценки его качества в лабораторных условиях.

Косвенные методы также можно разделить на две группы.

Первая группа включает методы, основанные на определении продуктов, получающихся в результате воздействия на крахмал ферментативного комплекса. При этом определяется остаточное количество крахмала по интенсивности окрашивания раствора йодом, или же количество моно- и дисахаридов, как конечных продуктов расщепления крахмала. К этой группе относятся такие методы, как определение диастатической активности, колориметрический метод определения активности  $\alpha$ -амилазы и др. Для большинства этих методов характерна достаточно высокая точность, но сравнительно большая длительность проведения анализа затрудняет их использование в селекции.

Вторая группа включает методы, основанные или на определении качества водорастворимых веществ, образующихся в результате воздействия различных ферментов, или на измерении вязкости водно-мучной суспензии. К этой группе относятся методы определения: автолитической активности по ВНИИХИ, вязкости мучной болтушки на амилографе Брабендера, числа падения, вязкости на вискозиметре Думы – Богуша, консистенции водно-мучной суспензии после автолиза при 35°C на пенетрометре и др.

Все методы этой группы сравнительно быстрые, по некоторым разработаны микромодификации, но все они требуют наличия соответствующих приборов и оборудования.

Взаимосвязь характеристик, получаемых различными методами определения качества зерна и муки ржи, изучалась многими исследователями. В подавляющем большинстве обнаружена тесная связь между состоянием углеводно-амилазного комплекса и хлебопекарными качествами, особенно в том случае, когда активность амилолитических ферментов значительна. Последняя имеет высокую корреляционную связь с пористостью и качеством мякни, отношением высоты подового хлеба к его диаметру (расплаываемостью) и объемным выходом хлеба.

В связи с этим наибольшую практическую ценность для селекции представляют методы, позволяющие выявить состояние углеводно-амилазного комплекса (методы определения автолитической, амилолитической и диастатической активности, активности  $\alpha$ -амилазы). Все они тесно взаимосвязаны ( $r = 0,717-0,904$ ) и обладают высокой взаимозаменяемостью. Для оценки качества зерна в селекции наиболее широко используют прибор Хагберга – Пертена для определения числа падения и амилограф Брабендера (рис. 10, 20, 21).

В настоящее время разработана классификация ржи в зависимости от показателей качества (табл. 22).



Рис. 20. Прибор для определения числа падения (ПЧП-3)



Рис. 21. Микрометод определения числа падения

Таблица 22

Классификация ржи по качеству зерна

Группа качества	Вязкость водно-мучной суспензии цельно-смолотого зерна по амилографу, с. а.	Число падения, с	Хлебопекарные свойства
1	Свыше 600	Более 200	Рожь-улучшитель в чистом виде дает сухой расстрескивающийся мякиш. Используется для улучшения муки из проросшего зерна
2	300-600	140-200	Пригодна для выпечки в чистом виде
3	150-300	80-140	Пригодна для выпечки с добавлением кислот или муки из ржи-улучшителя
4	Ниже 150	Менее 80	Непригодна для выпечки. Мякиш очень влажный, липкий, с сильным примесом. Используется для кормовых целей

Прямой метод определения хлебопекарных качеств ржи – пробная лабораторная выпечка. Окончательный ответ о хлебопекарных достоинствах муки можно дать только после ее проведения (рис. 22).

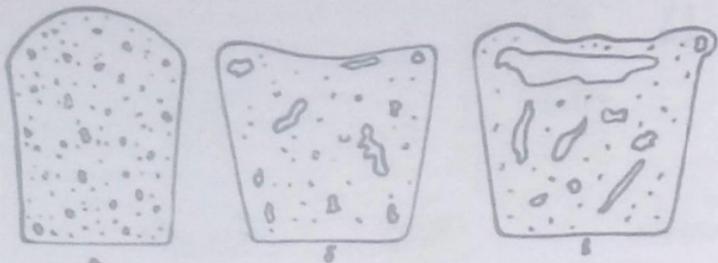


Рис. 22. Хлеб из обойной муки озимой ржи с различной амилолитической активностью:

- а – нормальной, число падения 246 с, вязкость по амилографу 260 е. а.;  
 б – повышенной, число падения 130 с, вязкость по амилографу 260 е. а.;  
 в – из проросшего зерна, число падения 65 с, вязкость по амилографу 140 е. а. (по Н. С. Беркутовой).

На качество хлеба сильно влияет большое число факторов: биологические особенности и химический состав муки, условия и время брожения, количество и качество дрожжей или закваски, время расстойки, температура печи и продолжительность выпечки и т. д.

Хлебопекарные свойства муки ржи на первых этапах селекционного процесса, как правило, оценивают косвенными методами (они описаны выше). На более поздних этапах селекционного процесса, начиная с контрольного питомника, проводят лабораторную выпечку ржаного хлеба, применяя два метода: на заквасках и органических кислотах. При использовании заквасок из части муки готовится закваска или головка. Это тесто, прошедшее полный цикл молочнокислого брожения до необходимого накопления кислот. Хлеб, выпеченный на закваске, близок по всем своим свойствам (вкус, аромат, состояние мякиша, кислотность) к выпекаемому из такой же муки в производственных условиях. Однако этот метод, во-первых, очень длительный и, во-вторых, имеет существенный недостаток – при исследовании хлебопекарного достоинства муки определенных сортов ржи вносится значительное количество другого качества вместе с закваской, что сказывается на конечном результате.

В связи с этим чаще используют ускоренный метод выпечки из ржаной муки с внесением вместо закваски раствора органических кислот (лимонной, молочной, уксусной).

Разработана модификация применительно к малым навескам обдирной муки. При этом методе хлеб получается несколько улучшенного качества, так как небольшие хлебцы пропекаются значительно быстрее и

время действия амилаз меньше, несмотря на практически одинаковую кислотность (стандартная кислотность 8,7–9,5).

До сих пор не разработана единая оценка качества хлеба. При оценке качества хлеба применяют как органолептические способы, так и различные приборы. Для определения физических свойств мякиша, особенно его упругости (сжимаемости), часто используют пенетрометр, с помощью которого находят величину погружения специального сферического тела в мякиш ржаного хлеба и расстояние, на которое это тело поднимается после снятия груза. По этим показателям рассчитывают упругость, относительную пластичность и отношение пластичности к упругости. Эти параметры хорошо отражают изменение физических свойств мякиша.

### 3.5. Сорты озимой ржи

В настоящее время большая часть посевных площадей под озимой рожью занята короткостебельными сортами, созданными на основе рецессивно-полигенного и доминантного типов короткостебельности. Многие из них обладают хорошими технологическими и хлебопекарными качествами.

Ниже приводится краткая характеристика сортов озимой ржи по качеству зерна.

*Альфа* – диплоидный сорт, создан в НИИСХ ЦРНЗ методом сложной гибридизации сортов Харьковская 60, Гибридная 2, Восход 1, Комбайниный и Данае с последующим многократным (более 20 циклов) отбором по числу падения. В Государственном реестре с 1999 г.

Зерно полуокруглое, от среднего до крупного, серо-зеленое, масса 1000 зерен 28–32 г. Число падения 176–266 с, хлебопекарные качества удовлетворительные. Средняя урожайность по Центральному региону 29,0 ц/га. Сорт позднеспелый, высота растений 115–120 см, зимостойкость выше средней, средневосприимчив к мучнистой росе, среднеустойчив к стеблевой и бурой ржавчине, сильновосприимчив к снежной плесени.

*Валдай* – диплоидный сорт, создан в НИИСХ ЦРНЗ методом индивидуально-семейного отбора из популяции, полученной от переопыления короткостебельных семей из сортов Восход 1, Восход 2, Саратовская 5 и селекционных номеров 834/77 и 1590/78. В Государственном реестре с 1999 г.

Зерно крупное, масса 1000 зерен 29–44 г, средняя урожайность по Центральному региону 31,5 ц/га, хлебопекарные качества хорошие. Среднеспелый, зимостойкость на уровне стандартного сорта Пурга. Высота растений 123–132 см, обладает средней устойчивостью к стеблевой ржавчине и мучнистой росе, восприимчив к бурой ржавчине, сильновосприимчив к снежной плесени.

**Радость** – диплоидный сорт, создан в Татарском НИИСХ методом направленного переопыления гибридов с участием сортов Новозыбковская 150, Саратовская 5, Радзима, с лучшими сортообразцами местной селекции (Татарская 1, Татарская устойчивая и др.) и периодическим индивидуально-семейным отбором из сложной гибридной популяции. В Государственном реестре с 2001 г.

Зерно крупное, серо-желтое, выровненное, масса 1000 зерен 32–38 г. Сорт сочетает высокий валовый сбор дзизва и белка с единицы площади. Хлебопекарные качества отличные, может служить улучшителем для муки из менее ценных сортов ржи. Сорт среднеспелый, высота растений 105–120 см. Зимостойкость высокая, обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе и бурой ржавчине.

**Огонек** – диплоидный сорт, создан в Татарском НИИСХ на основе рецессивных источников короткостебельности методом непрерывного индивидуально-семейного отбора из сложной гибридной популяции. В Государственном реестре с 2003 г.

Зерно крупное, овально-удлиненной формы, серо-зеленого цвета с примесью желтых зерен, масса 1000 зерен 32–38 г. Хлебопекарные качества высокие, число падения доходит до 276 с. Отличительные особенности сорта – низкая концентрация (19%) пентозанов в зерне по сравнению со стандартом (34,7%), что позволяет рекомендовать его на фураж и для переработки на спирт.

**Марусенька** – диплоидный сорт, создан в НИИСХ Юго-Востока непрерывным индивидуальным отбором из гибридных популяций с участием сортов Саратовская 5 и Саратовская 6. В Государственном реестре с 2007 г.

Сорт интенсивного типа, среднеспелый, высота растений 113 см, устойчив к засухе, зимостойкий, обладает стабильной урожайностью по годам, средняя урожайность 38 ц/га. Нагура 758 г, число падения 292 с, высота амилограммы 460 е.д. Хлебопекарные качества хорошие, пригоден для переработки на спирт, так как содержание крахмала более 60%.

**Таловская 41** – сорт, созданный в НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева семейно-групповым отбором из гибридной популяции, полученной с участием короткостебельной популяции № 57, прочностебельной популяции № 52 и популяции № 56 с эректондным расположением листьев. В Государственном реестре с 2008 г.

Средняя урожайность в Центральном регионе 38,7 ц/га, максимальная урожайность получена в Липецкой области – 79,0 ц/га. Высота растений 96–137 см, сорт устойчив к полеганию, зимостойкость повышенная, засухоустойчивость на уровне стандарта. Хлебопекарные качества удовлетворительные, число падения – до 236 с.

**НВ13 F<sub>1</sub>** – создан в НИИСХ ЦРНЗ совместно с НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева и LOCHOV-PETKUS GMBH. Гибрид первого поколения

от скрещивания простого межлинейного стерильного гибрида и синтетика-восстановителя фертильности.

Зерно средней крупности и крупное, масса 1000 зерен 29–42 г, число падения до 272 с, хлебопекарные качества удовлетворительные. Сорть среднеспелый, высота растений 89–141 см, засухоустойчивость на уровне стандарта, зимостойкость средняя, сильно восприимчив к бурой ржавчине и снежной плесени, спорыньей поражается выше среднего, средняя урожайность в Калининградской области 55,7 ц/га. Рекомендуется для возделывания в хозяйствах с уровнем урожайности более 40 ц/га.

### Вопросы к главе 3

1. Какие физические показатели зерна учитываются в селекции озимой ржи?
2. Какие виды и образцы ржи представляют интерес в качестве исходного материала?
3. Классификация сортов ржи по содержанию белка. Влияние условий выращивания на этот показатель.
4. Чем обусловлена биологическая и питательная ценность белка ржи?
5. Какие вещества снижают усвояемость белков ржи? Возможности селекции в этом направлении.
6. Роль пентозанов в формировании хлебопекарных и кормовых достоинств зерна ржи.
7. Особенности строения пентозанов, которые учитываются в селекции ржи на качество зерна.
8. Методы оценки сортов озимой ржи к прорастанию на корню.
9. Классификация сортов озимой ржи по качеству зерна.
10. Первый отечественный сорт озимой ржи, устойчивый к прорастанию в колосе.
11. Назовите основные селекционные учреждения, ведущие селекцию ржи.

Ячмень является одной из основных зерновых культур. Зерно ячменя применяется в пищевой (различные виды круп, ячменная мука, суррогаты кофе, солодовые вытяжки и др.), комбикормовой и пивоваренной промышленности. На нужды пивоваренной промышленности в мире используется 5–8%, остальной ячмень идет на кормовые и пищевые цели.

#### 4.1. Требования к сортам ячменя различного направления использования

Селекция ячменя ведется в двух основных направлениях – кормокрупным (на зернофураж и для производства крупы) и пивоваренным.

В соответствии с использованием существенно различаются требования к качеству зерна. Особо остро в России стоит вопрос создания высококачественных пивоваренных сортов ячменя. Ранее в нашей стране создавались сорта универсального направления, часть из которых признавалась пивоваренными, хотя с трудом соответствовала им по ряду требований.

К сортам пивоваренного ячменя предъявляются жесткие требования. Зерно таких сортов должно быть крупным и выровненным (масса 1000 зерен 40 г и выше, сход с сита  $2,5 \times 20$  мм не менее 80%). В связи с этим пивоваренный ячмень преимущественно двурядный. Пивоваренный ячмень должен обладать высокой энергией прорастания и способностью к прорастанию (не менее 95%) и в то же время прорасти очень равномерно. Серьезным недостатком считается наличие отдельных зерен с чрезмерно быстрым прорастанием (так называемых «гусаров») или с задержкой прорастания («упрямцев»): это отражается на качестве солода. Зерно пивоваренного ячменя должно быть желтой окраски, ромбической формы, иметь тонкие пленки. Тонкопленчатость можно определить на глаз: зерна с тонкими пленками имеют мелкокоричнистую чешую, пивоваренный ячмень высокого качества имеет пленчатость не выше 9%. В то же время пленки необходимы, так как они играют определенную роль в технологии приготовления пива. Слишком высокое содержание белка (свыше 13%) в зерне ячменя делает его малопригодным для пивоварения: ухудшается вкус пива, и уменьшается его выход. Хороший пивоваренный ячмень содержит 9–10% белка. Выход пива тем больше, чем больше в зерне крахмала, от количества которого зависит экстрактивность солода, т. е. способность отдавать в раствор сухое вещество. Она должна составлять 78–84%.

При использовании ячменя на зернофураж и крупу важно иметь высокое содержание белка в зерне и незаменимых аминокислот (лизина,

триптофана, фенилаланина) в белке. Высокая пленчатость большой роли не играет. Ячмень, предназначенный для производства крупы, помимо питательной ценности, должен иметь высокие технологические и вкусовые достоинства. Зерновка необходима крупная, желтая, с неглубокой бороздкой, зерно выровненное. Крупа из такого ячменя должна быстро и равномерно развариваться и давать большой объемный выход каши, характеризующейся приятным запахом и хорошими вкусовыми качествами.

Следует отметить, что наряду с сортами определенного направления создаются сорта универсальные, комбинированного использования. Пивоваренные сорта отмечаются особо в Государственном реестре.

В процессе создания новых сортов необходимо проводить химико-технологическую оценку селекционного материала. При передаче сортов в Государственное сортоиспытание указывается направление их использования. При селекции на повышение качества зерна кормокрупяного ячменя особое внимание уделяется повышению содержания белка и сбалансированности его аминокислотного состава.

Ячмень на кормокрупяные цели возделывается практически во всех почвенно-климатических зонах страны, на пивоваренные — в областях с благоприятными для формирования пивоваренных качеств условиях. Сюда относится ряд областей Нечерноземной зоны (Кировская, Калининградская, Костромская, Московская, Псковская и др.), Центрально-Черноземная зона России. В СНГ пивоваренный ячмень выращивают в юго-западных районах Украины, в ряде областей Беларуси.

#### 4.2. Строение и химический состав зерна

Плод ячменя — зерновка (в агрономической терминологии — зерно) — в зрелом состоянии заключен между пленками. При этом у пленчатых форм она частично срастается с цветковыми чешуями, а наружная цветковая чешуя охватывает внутреннюю цветковую чешую и зерновку. Цветковые чешуи часто называют пленками или мякишной оболочкой. Пленчатость у ячменя колеблется от 8 до 13%. В последние годы в нашей стране стала развиваться селекция голозерного ячменя. У голозерных разновидностей ячменя зерновка свободна. Голозерный ячмень обладает более высоким, чем пленчатый, содержанием белка и его предпочтительнее использовать в качестве кормового и для производства крупы. Кроме того, зерно голозерного ячменя дает муку, обладающую довольно хорошими хлебопекарными качествами, и хорошее сырье для суррогатов кофе. Но голозерный ячмень имеет ряд недостатков: он осыпается, может прорастать на корню во влажную погоду, а при обмолоте не защищенный пленками выступающий зародыш травмируется, и семена в связи с этим имеют низкую всхожесть.

Части зерновки ячменя, как и других зерновых культур, различаются по химическому составу. Масса зародыша составляет 2,8–5,0% от общей

массы зерна. От его состояния зависят физиологическая активность зерна, энергия прорастания, скорость роста и количество корешков, интенсивность дыхания и другие важные для пивоварения показатели. Основной по объему и массе частью зерна является эндосперм, который окружен слоем толстостенных многогранных алейроновых клеток, богатых белковыми образованиями. У лучших пивоваренных сортов алейроновый слой состоит из двух рядов клеток, у кормовых он более мощный.

**Белки.** В составе белков ячменя в среднем содержится 8–15% альбуминов, 10–20% глобулинов, 25–40% глиадинов (гордеина) и 25–40% глютелинов. Содержание отдельных фракций у одного и того же сорта может значительно варьировать в зависимости от условий выращивания. Среднее содержание белка у сортов кормового направления колеблется от 10 до 16%, для сортов пивоваренного направления оптимальный уровень его находится в пределах 9–11%. Более высокое, а также более низкое содержание белка уменьшает эффективность пивоваренного производства.

На качество пива влияют полифенольные вещества, которые в результате взаимодействия с белками в присутствии металлов и кислорода вызывают его помутнение. Основная часть полифенольных соединений, обнаруженных в пиве, состоит из димеров – антоцианогенов, тесно связанных с гордеином. То есть чем больше белка, а следовательно, и гордеина в зерне, тем больше антоцианогенов и тем хуже качество изготовленного из этого зерна пива. Считают, что содержание антоцианогенов в зерне ячменя не должно превышать 200 мг на 100 г сухого солода.

Гордени менее ценен в питательном отношении из-за невысокого содержания в нем незаменимых аминокислот. Поэтому повышение кормовых качеств ячменя непропорционально увеличению белковости зерна.

Наиболее ценны водо- и щелочерастворимые фракции (альбумины и глютелины) ячменя, так как они содержат больше незаменимых аминокислот (табл. 4–7). В целом белок ячменя по незаменимым аминокислотам более полноценный, чем белок ряда других зерновых культур. Важным направлением в селекции кормового ячменя на улучшение качества белка является увеличение содержания лизина.

В зерне ячменя очень невысокое содержание клейковины (2–5%). Как правило, она темного цвета, короткорвущаяся, неэластичная и не обладает пористостью. У многих сортов клейковина не отмывается вовсе. В то же время у отдельных образцов коллекции ВИРа из Японии, Эфиопии и Дагестана светлая клейковина умеренной пористости и хорошей растяжимости (до 5 см). Содержание и качество клейковины имеют большое значение в селекции сортов ячменя с повышенными хлебопекарными качествами, так как в некоторых странах ячмень используется для выпечки хлеба и лепешек.

**Углеводы.** Максимальное содержание углеводов у ячменя достигает 82% сухого вещества зерна. В состав углеводного комплекса, по данным Н. Н. Иванова, входят: крахмал – 45–66%, гемицеллюлоза – 13–15%,

клетчатка – 3–5%, гумми и слизи – 6–8%, декстрины – 2,7–4,2%, растворимые сахара – 1,2–2,8%.

Крахмал является основным компонентом углеводного комплекса и сосредоточен главным образом в parenхимных тканях зерновки в виде крахмальных зерен. В сортах пивоваренного ячменя на долю крахмала приходится 60–70%. В состав крахмала входят два типа полисахаридов – амилоза (15–20%) и амилопектин (80–85%). Для пивоваренного ячменя наибольшую ценность представляет амилоза, так как от ее содержания и качества зависят солодовые качества сортов.

Крахмальные гранулы у ячменя подразделяются на крупнозерный пластидный крахмал с размером гранул 20–30 мкм и мелкозерный хондриносомный крахмал с размером гранул 1–10 мкм. Пивоваренные сорта содержат большее количество пластидного крахмала с незначительными прослойками белка. Анатомическое строение зерновки ячменя в известной мере может служить для ориентировочного определения пивоваренных и кормовых достоинств сорта.

Разница между экстрактивностью и содержанием крахмала находится в пределах 14,25–15,35%, т. е. для получения из зерна ячменя необходимых для производства пива экстрактивных веществ в количестве 78–82% крахмала должно быть 64–70%.

Между уровнем белка и крахмала, как правило, наблюдается отрицательная зависимость. Поэтому содержание крахмала является важным дополнительным признаком при оценке селекционного материала, так как этот показатель тесно коррелирует с экстрактивностью.

**Жир.** В селекции кормовых ячменей необходимо уделять внимание овсянчине содержания жира. В США обнаружен селекционный образец ячменя с максимальным процентом жира 3,85% (у обычных сортов около 2%).

**Ферменты** относятся к веществам белковой природы. Они играют большую роль в обмене веществ. В зерне ячменя присутствуют протеазы, амилазы, фосфатазы, липазы и др. Наиболее важным с точки зрения последующего технологического процесса для пивоваренного ячменя является расщепление крахмала ферментами  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазой, а белков – протеазами. В процессе соложения ячменя синтезируются и активизируются и другие ферменты.

Сортовые особенности сильно влияют на скорость и полноту растворения эндосперма. Из-за слабого развития одной или нескольких ферментных систем сорт может быть вообще непригоден для получения солода. Например, сорт Южный, обладая выровненным, светлым крупным зерном, хорошим соотношением белка и крахмала, оказался неспособен к активной ферментативной деятельности, давал большой отход нерастворенного зерна и был исключен из списка пивоваренных как неэффективный для производства пива.

### 4.3. Физические показатели

**Форма зерна** — довольно стойкий сортовой признак. Она определяется с брюшной стороны зерновки и может быть удлиненной, ромбической и эллиптической. Зерно удлиненной формы отличается повышенной концентрацией массы эндосперма в верхней части (несколько выше середины), что придает ему вытянутую форму. При эллиптической, или овальной, форме запасные питательные вещества распределены равномерно по всей длине зерна. Для ромбической формы характерна концентрация эндосперма в середине, поэтому у зерна более крутой сбег к вершине и основанию.

В процессе шлифования при выработке перловой крупы происходит округление зерна с приближением к шарообразной форме. Поэтому в крупу лучше перерабатывать сорта ячменя с ромбической и эллиптической формой, так как зерна удлиненной формы плохо поддаются округлению, всегда имеется большое количество недолира, а следовательно, и клетчатки. При выработке перловой крупы важную роль играют глубина и форма бороздки.

У лучших пивоваренных сортов эллиптическая форма зерна, которая связана с равномерным распределением запасных питательных веществ по всей его длине и более быстрым и качественным их растворением в период солодоращения.

**Крупность зерна** тесно связана с такими показателями, как масса 1000 зерен, натура и выполненность, проход через сита при ситовом анализе. По массе 1000 зерен условно различают следующие группы: очень мелкое зерно — до 30 г, мелкое — 31–35 г, средней крупности — 36–40 г, крупное — 41–45 г, очень крупное — более 45 г.

В крупном и хорошо выполненном зерне эндосперма больше, что обеспечивает высокий выход крупы отличного качества, так как крупное зерно шлифуется равномернее. Для пивоваренных ячменей оптимально считается масса 1000 зерен 43–47 г. Такое зерно содержит достаточное количество полезных веществ, используемых в процессе приготовления пива, равномерно замачивается при соложении. Более крупное и более мелкое зерно менее пригодно для пивоварения.

При ситовом анализе, который широко используется для оценки крупности зерна ячменя, крупным считается зерно, состоящее в основном из двух фракций — толщиной 2,8 и 2,5 мм. Зерно, проходящее через отверстия сит  $2,5 \times 20$  мм, качественно отличается от более крупного. Для пивоваренного ячменя содержание крупных зерен должно быть не менее 80% для I класса и не менее 60% — для II. Содержание отхода (т. е. зерна, которое проходит через нижнее сито сортировки с отверстиями  $2,2 \times 20$  мм) допускается стандартом не более 5% для крупного ячменя и пивоваренного I класса и не более 7% — для пивоваренного II класса.

Ячмень с высокими показателями крупности (80% и более) отличается и другим ценным для крупяного и пивоваренного ячменя качеством — выравниваемостью. Крупность и выравниваемость являются сортовыми признаками, но на их проявление в сильной степени влияют условия выращивания.

**Натура зерна** может быть одинаково высокой как у пивоваренных, так и у крупяных сортов ячменя. Натура крупяного ячменя должна быть не менее 630 г/л.

**Пленчатость зерна.** Степень пленчатости устанавливают по отношению массы цветковых чешуй (пленок мякотиной оболочки) к массе очищенного от них зерна (голых зерновок). Цветковые чешуи отделяются от семян вручную. Чтобы облегчить отделение пленок, зерна ячменя помещают в 3%-ный раствор едкого натра.

Приняты следующие традиции пленчатости у ячменя: высокая — 12% и выше, средняя — 10,1–11,9%, низкая — до 10%.

Пленчатость у сортов крупяного ячменя колеблется от 7 до 17%. Выход перловой и ячневой крупы по нормам у таких сортов составляет 40–62%. Как показатель возможного выхода крупы пленчатость у ячменя не учитывают, так как при выработке перловой крупы отделяются не только оболочки, но и шлифовываются алсироновый слой и часть эндосперма.

Для пивоваренных ячменей пленчатость — важный в технологическом отношении признак. Цветковые оболочки состоят в основном из веществ, нерастворимых в воде и не поддающихся действию ферментов солода, поэтому повышение пленчатости приводит к снижению экстрактивности. В оболочках содержатся горькие вещества (танины), способные переходить в раствор и улучшать вкус пива. Некоторое количество пленок необходимо, так как они предохраняют зерно от чрезмерного уплотнения солодующего материала и служат естественным фильтром при изготовлении пивного сусла, поэтому голозерный ячмень для пивоварения непригоден.

У лучших сортов пивоваренного ячменя цветковые оболочки тонкие, светло-желтые, слегка морщинистые, с естественным блеском, масса их не превышает 7–9% общей массы зерна.

**Консистенция эндосперма.** Для технологического процесса выработки крупы, муки и пива консистенция эндосперма имеет важное значение. Большинство коммерческих сортов ячменя обладает полустекловидным или мучнистым эндоспермом. Этот показатель значительно варьирует в зависимости от условий выращивания. Высокая стекловидность положительно влияет на переработку ячменя в крупу и муку. При выработке пива лучшие показатели получают у сортов с мучнистым или полустекловидным эндоспермом.

**Окраска зерна.** Зерно пленчатых форм ячменя имеет разнообразную окраску цветковых оболочек: желтую различных оттенков, серо-зеленую, зеленоватую, синевато-зеленую, зеленую, коричневую, черную. У неко-

торых сортов окраска жилок желтых цветковых чешуй коричневато-фиолетовая, нередко исчезающая к моменту полной спелости или в процессе хранения. Пивоваренным сортам свойственна светло-желтая или желтая окраска, равномерная во всех частях зерна, со здоровым естественным блеском. Для получения крупы высокого качества также перерабатывают сорта с 5% светло-желтой и желтой окраской зерна или с темными прожилками на светлом фоне, сошлифовывающимися при переработке.

#### 4.4. Технологические показатели

**Энергия и способность прорастания** — важные показатели для оценки качества пивоваренного ячменя, характеризуют пригодность зерна для соложения. Энергию прорастания оценивают по количеству проросших и хорошо наклюнувшихся зерен ячменя через 3 сут (72 ч) после замачивания по стандартной методике. Способность прорастания определяют через 5 сут (120 ч). Разница между энергией и способностью прорастания у нормально вызревших зерен не должна превышать 1–2%. Нормируется только способность прорастания, которая должна быть не менее 95% для ячменя пивоваренного I класса и 90% — для II класса.

Ячмень, у которого все зерна жизнеспособные, уже через сутки с момента замачивания дает так называемые глазки, а к завершению 3 сут — пучок из 5–6 хорошо разветвленных корешков, которые к концу проращивания достигают длины, равной 1–1,5 длины зерна. При этом росток не должен выходить за пределы зерна — в этом случае образуются «гусары» — ростки, увеличивающие величину потерь, так как корешки и зародышевые листки (ростки) позднее удаляются из сухого солода, а поскольку они образуются из запасов зерна, то выход полезных веществ уменьшается. Потери сухого вещества зерна не должны превышать 8–40% исходного количества.

В лабораторных условиях оценку на прорастаемость проводят после завершения периода покоя семян, причем он может колебаться у разных сортов от 1–2 до 5–8 недель.

Сорта, характеризующиеся коротким периодом покоя и высокой прорастаемостью, в производственных условиях часто дают зерно, непригодное для пивоваренной промышленности из-за прорастания на корню. Поэтому для районов, где в период уборки часто бывают дожди, необходимо создавать сорта с относительно длинным (но не более 1,5 мес.) периодом послеуборочного дозревания. Анализ на прорастаемость проводят не ранее чем через шесть недель после уборки. Способность к прорастанию определяют, заливая зерна на определенные сроки водой, а затем оставляя их в атмосфере, насыщенной водяным паром.

Продолжительность периода послеуборочного дозревания — генетически обусловленный признак. В потомстве от скрещивания контрастных

сортов наблюдается достаточно четкое расщепление, позволяющее проводить отбор в гибридных популяциях  $F_2$ - $F_4$ .

**Экстрактивность** — количество сухих веществ, способных перейти из размолотого зерна в водный раствор под действием ферментов ячменного солода при определенном гидротермическом режиме.

Чем больше в зерне экстрактивных веществ, тем выше его пивоваренные качества. Использование ячменя с высоким содержанием экстрактивных веществ позволяет из одинакового количества сырья получить больший выход пива. Например, при экстрактивности ячменя 81% вырабатывается 442 декалитра пива из 1 т зерна, а при экстрактивности 73-74 — всего 384.

Экстрактивность в основном зависит от содержания в зерне крахмала — главной составной части эндосперма, переходящей после гидролиза в водный раствор. Пивоваренные сорта ячменя должны содержать 64-70% крахмала, что соответствует экстрактивности 78-82%.

Высокая белковость снижает содержание крахмала и, следовательно, экстрактивность. Кроме того, высокобелковое зерно плохо разрыхляется, сильнее греется при солодоращении, дает менее стойкое и не всегда прозрачное пиво. Рентабельным для производства пива считается содержание белка 9-12,5%. Содержание белка ниже 8% также нежелательно, так как определенный минимум белковых веществ необходим для питания дрожжей, образования стойкой пены, создания вкуса и букета пива.

На ранних этапах селекции используют косвенные показатели, от которых зависят пивоваренные свойства ячменя. Так, процент зерен с мучнистым эндоспермом хорошо коррелирует с экстрактивностью солода. У лучших пивоваренных сортов он достигает 96-100%. Имеют значение окраска, форма зерен, их крупность и выравненность. Все эти показатели оценивают глазомерно.

Пивоваренные качества наиболее полно можно оценить в процессе пивоварения и по качеству приготовленного пива. Вначале готовят солод, т.е. проращивают ячмень и высушивают его. При этом эндосперм приобретает более рыхлую структуру, крахмал, белок и другие запасные вещества распадаются, накапливаются ферменты, вызывающие этот распад. Солод дробят и смешивают с водой (затирают). Образовавшееся сусло — раствор веществ эндосперма — отфильтровывают от остатков солода (дробины) и варят с хмелем. Затем вновь фильтруют, охлаждают и оставляют бродить, добавив пивные дрожжи. В результате получают пиво.

В процессе приготовления пива определяют экстрактивность солода, т.е. процент его сухих веществ, перешедших в раствор, по плотности сусла (пикнометром или рефрактометром). Важнейшим показателем является экстрактивность солода в тонком помоле (выход муки при размоле солода не менее 90%), она должна быть близка к экстрактивности зерна ячменя (78-82%) и превышать не более чем на 2% экстрактивность, определяемую при грубом помоле (25 и 40% муки по разным методикам).

Цветность устанавливают, подбирая раствор йода, одинаковый по окраске с сусликом. Она выражается в миллилитрах 0,1 н. раствора йода на 100 мл воды. Диастатическую силу солода (ДС) выражают в граммах мальтозы, образовавшейся из растворимого крахмала под действием 100 г солода. Очень хороший солод имеет ДС выше 250, хороший — в пределах 200–250, диастатическая сила ниже 150 характеризует плохие качества солода.

Существует значительное количество методов, используемых в оценке качества пивоваренного ячменя. Помимо указанных показателей, определяют число мучнистых зерен солода (на диафаноскопе), твердость солода (с помощью приставки к фаринографу Брабендера или других приборов), содержание муки в грубом помоле (на ситах строго определенного штенения), продолжительность осахаривания в заторе из тонкого помола (по реакции на йод), цветность, кислотность и прозрачность лабораторного суслика, продолжительность его фильтрации, содержание общего и растворимого азота (соотношение которого называется числом Кольбаха), аминного азота (характеризующего степень гидролиза азотистых веществ солода), амилолитическую активность и конечную степень сбраживания лабораторного суслика пивными дрожжами. Об интенсивности процессов соложения судят и по общим потерям, в том числе в расчете и на ростки.

Таким образом, зерно сортов пивоваренного ячменя должно отвечать следующим требованиям: крупность — сход с сита  $2,5 \times 20$  мм — не менее 85%; масса 1000 зерен — 43–47 г, натурная масса — 680–720 г, пленчатость — не более 9%, содержание белка — не выше 12%, антоцианогенов — не более 200 мг на 100 г сухого солода, липидов — 2–3% на сухое вещество, минеральных веществ — 2–3% на сухое вещество; экстрактивность не менее 78%. Цвет зерна — желтый разных оттенков, форма эллиптическая, бочонковидная. Энергия прорастания на 3-и сутки не менее 90%, способность прорастания на 5-е сутки не менее 95%.

**Выход и кулинарные достоинства крупы.** Из зерна ячменя вырабатывают перловую пятиномерную и ячневую трехномерную крупы. По технологической схеме производства крупы цветковые оболочки ячменя удаляют при четырехкратном пропуске через обочные машины с промежуточным отвиниванием для отделения пленок. Полученный продукт (пенсак) три раза последовательно пропускают через шлифовочные, полировальные машины с отсеиванием мучки после каждого прохода. Обработанный продукт направляют на сортирование и контроль для получения перловой крупы различных номеров.

При выработке ячневой крупы пенсак дробят на четырех системах драных вальцовых станков и рассортировывают на три номера. В процессе переработки зерна ячменя в крупу учитывают следующие технологические показатели: коэффициент шелушения, выход и ассортимент крупы. Коэффициент шелушения определяет больший или меньший оборот

продукта или продолжительность шелушения. При переработке зерна с большим коэффициентом шелушения увеличивается производительность крупяных заводов. Чем больше выход крупы, тем более ценны сорта.

Важны не только выход крупы, но и ее качество: содержание целого и дробленого зерна, степень шлифования и другие свойства. Эти показатели в значительной мере зависят от сорта и его особенностей.

Для выработки перловой крупы в лабораториях при оценке сортов используют голландер ВНИИЗ, голландер ТМ-0,5 Сатаки (Япония), установку ЛШЯ-2.

Кулинарные достоинства крупы оценивают с помощью специального прибора для определения разваримости, причем в селекционном процессе используют микро- и полумикронавески. Кулинарные достоинства оценивают по 5-балльной шкале; учитывают коэффициент растворимости (у лучших сортов он достигает 6 единиц), цвет сваренной крупы (светло-кремовый, кремовый, кремовый с желтоватым, коричневатым, сероватым оттенками). Коричневатый и сероватый оттенки сваренной каши снижают общую кулинарную оценку, вкусовые достоинства.

Во Всероссийском центре по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур разработаны требования к сортам, включаемым в список наиболее ценных (табл. 23).

Кормовую ценность селекционных образцов ячменя определяют, скормив их лабораторным животным (мышам, крысам, карликовым свиньям) с необходимыми добавками и оценивая приросты живой массы.

Таблица 23

Основные требования к зерну ячменя и крупе из него для включения в список наиболее ценных сортов

Показатель	Норма
Выравненность, %, не менее (определяется на ситах, мм)	85 2,8×20 2,5×20
Цвет зерна	Светло-желтый, соломенно-желтый, желтый более темных оттенков
Форма зерна	Эллиптическая, ромбическая
Консистенция эндосперма	Мучнистая, полустекловидная
Выход перловой крупы, %, не менее	44
Цвет каши	Светло-кремовый, кремовый
Вкус каши, балл, не ниже	4,5

#### 4.5. Исходный материал и наследование качественных признаков

При создании сортов с хорошими кормовыми качествами могут быть использованы лучшие отечественные сорта.

В селекции на высокое содержание белка и лизина широко используется форма из Эфиопии Хайпроли, обладающая высоким (13–18%) содержанием белка в зерне и высоким (до 4,6% при 2,2–2,5% у обычных сортов) содержанием лизина в белке. Эти выдающиеся качества обусловлены моногеном (ген *lys*). Однако указанный ген вызывает дефект эндосперма (вдавленность) и, как следствие, уменьшение урожайности. Другой широко используемый донор высокого содержания лизина Ризо 1508 (Дания) обладает геном *lys3a*, неаллельным гену Хайпроли. Высокое содержание лизина у этого образца не сочетается с высокой белковостью. Необычно высоким содержанием белка отличается венгерский сорт Банкути Коран. Большое количество белка содержат голозерные формы ячменя Северного Китая, Кореи, Японии, Тибета.

Основным недостатком почти всех высоколизинных форм является плохо выполненный, сморщенный эндосперм, что значительно снижает их продуктивность. При получении гибридов от скрещивания с этими мутантами наряду с контролем за высоким содержанием лизина необходимо постоянно вести отбор на хорошую выполненность зерна.

Установлено, что высокое содержание лизина у Хайпроли определяется действием одного рецессивного гена *lys*, локализованного в длинном плече хромосомы 7 между генами *s* (войлочная щетинка) и *r* (затуберная ость). Ген *lys* обнаруживает сцепление с геном *s*, что может использоваться как маркерный признак для отбора высоколизинных форм в ранних беккроссах. В дальнейшем необходим биохимический анализ.

При изучении мутантов Ризо 8, 13, 1508 было установлено, что признаки сморщенного эндосперма и высокого содержания лизина наследуются сцепленно и контролируются рецессивными генами.

Некоторые исследователи отмечают наличие генетических супрессоров сморщенности эндосперма. У Хайпроли ген *lys* наследуется независимо от гена сморщенности семян, поэтому он более широко используется в селекции ячменя.

Высоколизинность мутантов Хайпроли и Ризо 1508 обусловлена перераспределением фракций в их белковом комплексе – увеличением уровня сбалансированной водно-солевой фракции, повышением содержания лизина в спирто- и щелочерастворимых белках. *Lys*-гены влияют не только на количество белка в зерне, его фракционный и аминокислотный состав, но и на синтез сахаров и крахмала в развивающемся зерне.

Установлено, что *lys*-ген ячменя сцеплен с другим рецессивным так называемым крахмалосвязывающим геном *stb*, ответственным за прочную связанность крахмальных зерен с матричным белком эндосперма. Поэтому у ячменя в отличие от гена опейк-2 кукурузы действие *lys*-гена

вызывает повышение плотности зерна по сравнению с обычными сортами. В расщепляющихся гибридных потомствах иногда встречаются и формы с обычным крахмалистым эндоспермом, что свидетельствует о разрыве сцепления между *luz*- и *stb*-генами.

Определение  $\alpha$ -амилазной активности на различных фазах развития зерновки Хайпроли и Ризо 1508 показало, что у них низкое содержание крахмала вследствие высокой амилазной активности, способствующей разрушению крахмала. Снижение продуктивности высоколизиновых мутантных форм обусловлено уменьшением массы одного зерна из-за пониженного синтеза крахмала, так как мутантные гены не влияют на озерненность высоколизиновых растений.

Поскольку мутанты Хайпроли и Ризо 1508 наряду с высоколизиновостью имеют ряд отрицательных признаков (низкая продуктивность, слабая устойчивость к болезням) их, как правило, используют в качестве доноров высокой лизиновости при скрещивании с обычными сортами, часто применяют метод многократного беккроссирования для получения более продуктивных форм высоколизинового ячменя.

Селекционная работа с использованием этих и других форм проводится в Швеции, Финляндии, Дании, Великобритании, Индии. В нашей стране в ведущих селекцентрах также включают в гибридизацию вышеуказанные мутанты. Одним из сортов, созданных с участием Хайпроли, является сорт Новосибирского института цитологии и генетики Ранний 1.

#### 4.6. Сорта ячменя

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации в 2016 году, включено 203 сорта ярового ячменя и 43 – озимого. Из всех сортов ярового ячменя к ценным по качеству отнесены 30, к пивоваренным – 40, ценных по качеству и пивоваренных – 32 сорта.

**Затерский 85.** Один из самых старых находящихся в производстве сортов ячменя. Выведен в Белорусском НИИЗ индивидуальным отбором из селекционного образца Э-544 (Германия). Районирован с 1985 г.

Разновидность нутанс. Зерно ромбическое, желтое, крупное, масса 1000 зерен 38–46 г, патура высокая – 695 г/л. Содержание белка в зерне 10,9–13,1%, экстрактивность 79–80%. Пивоваренные качества отличные, выход крупы – 40–41%.

**Московский 3.** Создан в Московском НИИСХ «Немчиновка» и Рязанской областной сельскохозяйственной опытной станции индивидуальным отбором из гибридной популяции Вуни (Германия) × Топаз (ЧСФР). Районирован в 1986 г.

Разновидность нутанс. Отличается высокими крупяными и пивоваренными качествами. Масса 1000 зерен 37–49 г, содержание белка –

11,6–12,8%, выход крупы – 40–41%. Сорт отнесен к ценным пивоваренным.

**Одесский 100.** Создан в Селекционно-генетическом институте (г. Одесса) гибридизацией линий 774/74 × Hml36462. Районирован с 1984 г.

Разновидность нутанс. Среднеспелый. Масса 1000 зерен 46–52 г. Содержание белка 11,7–15,5%. Включен в списки пивоваренных и ценных по качеству сортов.

**Прерия.** Создан в Селекционно-генетическом институте (г. Одесса) из удвоенных гаплоидов комбинации Одесский 100 × Донецкий 9 с одновременным отбором на засухоустойчивость. В Государственном реестре с 1992 г.

Разновидность медикум. Среднеспелый. Vegetационный период 77–90 дней. Масса 1000 зерен 48–52 г. Содержание белка 13,0–15,0%. Выравненность 85–93%. Ценный по качеству сорт.

**Михайловский.** Создан в РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. Отбор из комбинации Мамми × Свитязь. В Государственном реестре с 1998 г.

Разновидность нутанс. Зерновка ромбическая, очень крупная. Среднеспелый, вегетационный период 72–92 дня. Включен в списки пивоваренных и ценных по качеству сортов.

**Суздалец.** Создан в Московском НИИСХ «Немчиновка». Отбор из сложной гибридной комбинации, включающей *H. bulbosum*. В Государственном реестре с 1998 г.

Разновидность нутанс. Зерновка крупная. Среднеспелый, вегетационный период 74–94 дня. Включен в списки пивоваренных и ценных по качеству сортов.

#### Вопросы к главе 4

1. Каким критериям должны соответствовать сорта пивоваренного и кормокрупяного ячменя?
2. Охарактеризуйте роль следующих веществ в пивоварении: белок; автоцианогены; крахмал; ферменты.
3. Что такое экстрактивность? Каково значение данного показателя для пивоварения?
4. Какие физические показатели зерна учитываются при селекции ячменя?
5. Как определяется пленчатость у ячменя? Какую роль пленки играют в пивоварении?
6. Охарактеризуйте значение показателей энергии и способности прорастания для пивоваренных сортов ячменя.
7. Какие технологические показатели оценивают при селекции ячменя кормокрупяного направления?
8. Опишите требования к зерну ячменя и крупе из него для включения в список наиболее ценных сортов.
9. Как оценивают кулинарные достоинства крупы?
10. Назовите генетические источники высокого содержания белка и лигнина у ячменя.
11. С какими нежелательными признаками сцеплены *fus*-гены?
12. Назовите основные селекционные учреждения, ведущие селекционную работу с ячменем.

Овес – культура разностороннего использования, важный источник растительного белка, жира и крахмала.

В мировом земледелии посевы овса занимают около 10 млн га. Россия является лидером по производству овса. На ее долю приходится до 30% производства овса.

В зерне пленчатого овса содержится 8–10% клетчатки, 40–60% крахмала, 10–15% белка, 4–11% жира. Аминокислотный состав белка овса по сравнению с другими зерновыми культурами наиболее сбалансирован. Он включает все незаменимые для человека и животных аминокислоты. От белка пшеницы белок овса отличается повышенным содержанием лизина, валина, лейцина и других аминокислот. Белковый комплекс пленчатого овса представлен в основном (на 38–41%) низкомолекулярными белками – альбуминами и глобулинами. В белке голозерного овса преобладают глютеины (до 50%). При этом голозерные овсы содержат меньше спирторастворимых белков, что также способствует лучшей сбалансированности аминокислотного состава белка таких форм по сравнению с пленчатыми овсами.

В зерне этой культуры имеется большое количество органических соединений железа, кальция, фосфора, витаминов группы В и Е. Из микроэлементов в нем достаточно много марганца, меди, молибдена и кобальта, но мало цинка и бора.

В целом в России 90–95% зерна овса используется на кормовые цели и около 5–10% – на переработку. В мире на пищевые цели используется 16–17% зерна овса. Крупа, мука, хлопья и толокно овса отличаются высокой питательностью, легкой усвояемостью и калорийностью, что позволяет использовать их в диетическом и детском питании. Зерно овса – незаменимый концентрированный корм для лошадей и других животных, особенно молодняка и птицы. Он входит в состав всех видов комбикормов, предназначенных для молодняка. Овес используют на зеленый корм для приготовления травяной муки, гранул, силоса, сена и выпаса животных. Овсяная солома – хороший грубый корм. В северных регионах зеленую массу овса иногда замораживают для зимнего скармливания скоту. Овес может быть использован также как однолетняя пастбищная культура.

### 5.1. Строение и химический состав зерна

Плод овса – зерновка, опушенная по всей поверхности, продолговатой или веретеновидной формы; на брюшной стороне глубокая продольная бороздка. У овса имеются голозерные и пленчатые формы. Цветко-

вые чешуи пленчатого овса плотно охватывают зерновку, но не срстаются с ней, они легко выделяются при определении процента пленчатости. Пленчатость у овса колеблется от 20 до 40%. Основная часть возделываемых сортов пленчатая. В ряде стран ведется селекция голозерных сортов пищевого назначения.

Среднее соотношение частей зерновки у овса следующее: эндосперм – 51–61, зародыш – 3–4, алейроновый слой – 4–6, плодовые и семенные оболочки – 2–4, цветковые пленки – 20–40%.

**Белки.** Содержание белка в зерне разных сортов колеблется от 10 до 15%, более высокобелковые сорта в благоприятных условиях могут формировать до 19–20% белка в зерне.

Белки овса отличаются от других зерновых культур хорошей сбалансированностью по аминокислотному составу. Это связано с тем, что в его общем количестве значительную часть составляют водо- и солерастворимая фракции (7,5% альбуминов и 31% глобулинов), имеющие высокое содержание лизина (8,2% в альбуминах и 5,2% в глобулинах), а также других незаменимых аминокислот (табл. 4–7). Это обеспечивает высокую питательную ценность и усвояемость белков. Следовательно, селекция на повышенное содержание белка в зерне овса не приводит к ухудшению его качества.

**Углеводы и клетчатка.** Главным компонентом углеводного комплекса является крахмал (40–56%). Сахаров содержится от 0,6 до 2,2%.

У овса по сравнению с другими зерновыми культурами большое содержание клетчатки – до 8–10%, что снижает его кормовые достоинства. Это объясняется высокой пленчатостью и наличием у некоторых сортов значительного количества так называемых двойных зерен, когда в колоске не развивается нижнее более выполненное зерно и в результате пленчатость увеличивается вдвое. Селекция на пониженную пленчатость и отсутствие двойных зерен значительно повышают кормовые качества овса.

**Жир.** Зерно овса по сравнению с другими хлебными злаками отличается повышенным содержанием жира – до 4–6%. Установлено, что более 40% сырого жира овса составляют триглицериды. Главными компонентами в составе жирных кислот овса являются пальмитиновая (16–22%), олеиновая (28–40%) и линолевая (36–46%). Стеариновая и линолевая кислоты составляют 1,4 и 1,5% соответственно, найдены также следы миристиновой и арахидоновой кислот.

**Другие соединения.** Зерно овса ценится из-за высокого содержания органических соединений железа, кальция, фосфора, витаминов.

Овес намного превосходит другие культуры по содержанию тиамина ( $B_1$ ) – 4,1–8,0 мг/кг, рибофлавина ( $B_2$ ) – 1,4–2,7 мг/кг. При изучении сортов мировой коллекции установлено, что у высокобелковых сортов содержание витаминов больше, чем у низкобелковых. Коэффициент корреляции между содержанием белка и тиамин равен +0,78–0,86, белка и

рибофлавина — +0,58–0,62. У большинства сортов отмечалась отрицательная связь между крупностью зерна и содержанием белка и витаминов, но были выделены крупнозерные сорта с повышенным их количеством. В США и Канаде ведется селекция на повышенное содержание  $\beta$ -глоколатов, имеющих большое значение в питании человека.

## 5.2. Физические и технологические показатели

**Тип (форма) зерна.** У овса этот признак описывают по первым (нижним) зернам колоска, находящимся в цветковых чешуях. Тип зерна имеет определенную связь с крупностью зерна (массой 1000 зерен) и пленчатостью. Многие сорта имеют промежуточный тип зерна и могут уклоняться в одну из сторон в зависимости от условий выращивания. Выделяют три типа зерна:

– толстоплодное: зерно толстое, широкое, крупное, с тупой вершиной и горбатой спинкой, широко открытой внутренней цветковой чешуей;

– среднеплодное: зерно удлиненное, с более ровной спинкой и пустой вершиной, зерновка заполняет цветковые чешуи на  $\frac{2}{3}$  их длины, обычно средней крупности, внутренняя цветковая чешуя открыта несколько меньше по сравнению с толстоплодным зерном;

– тонкоплодное: зерно тонкое, узкое, с острой длинной вершиной, слабо открытой или закрытой внутренней цветковой чешуей, крупность зерна низкая.

**Крупность, выполненность и натура зерна** – взаимосвязанные между собой признаки. Несмотря на то, что на их проявление значительно влияют условия выращивания, сортовые различия сохраняются достаточно устойчиво. Различают зерно мелкое – масса 1000 зерен 20–25 г, средней крупности – 26–35 г, крупное – 36–45 г, очень крупное – более 45 г.

При оценке сортов по крупности зерна наряду с массой 1000 зерен крупность определяют по проценту схода с сит  $2,2 \times 20$  и  $1,8 \times 20$  мм.

По натуре зерно овса при заготовках делят на категорий: высоконаатурное – свыше 510 г/д, средненатурное – 460–510 г/д, низконаатурное – 460 г/д и ниже.

**Пленчатость** зерна у большинства возделываемых сортов находится в пределах 25–40% и сильно колеблется в зависимости от климатических условий года и зоны. Показатель пленчатости ниже 25% считается низким, у таких сортов более высокий выход крупы и кормовые достоинства. Голозерные овсы представляют значительный интерес для пищевой промышленности, откорма птицы, свиней. Трудности с возделыванием таких сортов связаны с их пониженной урожайностью, поражаемостью болезнями, осыпаваемостью, склонностью к прорастанию на корню и другими отрицательными свойствами. В Канаде известен сорт голозерного овса Tibor.

Цвет зерна (цветковых чешуй). Окраска зерна у посевного овса чаще всего белая или желтая разных оттенков, но встречается серая и коричневая с различной интенсивностью. Для овса византийского характера красновато-бурая и кремевая окраска. Голые зерновки обычно белого или светло-желтого цвета.

### 5.3. Исходный материал и селекция на качество

В селекции овса различают четыре основных направления: кормовое зерновое, пищевое зерновое, кормовое укосное и на выпас. В связи с этим задачи селекции многообразны. Общие требования к сортам, выращиваемым на зерно: высокая урожайность зерна и отзывчивость на улучшение агрофона; способность давать стабильный урожай по годам; низкий процент пленок, двойных и пустых зерен; скороспелость; устойчивость к полеганию, осыпанию, поражению болезнями и повреждению вредителями; хорошие кормовые и крупяные качества; засухоустойчивость; экологическая пластичность. Эти показатели должны быть присущи сортам интенсивного типа.

Кроме того, имеются специфические требования. При селекции на кормовое зерновое направление требуется повышенное содержание белка и жира в зерне, сбалансированный аминокислотный состав белка. При селекции на пищевое зерновое направление особое внимание уделяется крупности, выполненности, выравненности зерна, повышенному содержанию белка и низкому – жира, чтобы при хранении зерно не прогоркло вследствие окисления жиров. При кормовом укосном направлении основные требования к сортам овса – высокий урожай зеленой массы с высоким содержанием белка, хорошая облиственность, повышенный коэффициент размножения. В этом случае желательны сорта мелкозерные. Для использования на выпас нужны сорта, устойчивые к вытравыванию скотом, быстро отрастающие после скармливания, желательно мелкозерные.

Для правильной организации селекционной работы необходимо определить главные признаки, по которым она будет проводиться, применительно к конкретным почвенно-климатическим и технологическим условиям, поскольку требования к сорту могут быстро меняться.

Многолетнее изучение коллекции овсов в Московском отделении Всероссийского НИИ растениеводства показало, что содержание белка в зерне колебалось от 12 (Саксо) до 15,2% (Сибиряк), по годам наблюдалось отклонение от 8,5 до 15%. Содержание лизина в белке зерна районированных сортов изменялось от 3,7 (Сибиряк) до 4,6% (Тарпан), составляя в среднем для большинства сортов 4,2%.

Образцы скандинавских стран в условиях Подмосковья отличались хорошей урожайностью и средним содержанием белка (12–13%) и жира (4,5–5,5%).

Сортообразцы степной агроэкологической группы (Украина, Молдова, Румыния, Венгрия, Польша) отличались повышенной белковостью (15,0–15,2%); по качеству зерна и другим хозяйственно ценным признакам был выделен украинский сорт Рыхлик Херсонский, у которого содержание белка составляет 16,5%; лизина в белке – 4,13%, в зерне – 0,69%; жира – 5,3%.

Ценные образцы выделены из коллекции США и Канады. Широко известны источники высокобелковости – сорта США Dal и Otee. Содержание белка в них доходит до 22,5% при среднем содержании его в коммерческих сортах 17% (табл. 24). В США для повышения белковости зерна используют высокобелковые формы овсяга средиземноморского. Наибольшее количество белка отмечается, когда овсяг используют при гибридизации в качестве материнской формы. Повышение белковости также наблюдается при скрещивании голозерных и пленчатых форм. Среди видов овса наиболее высоким содержанием белка отличаются *A. bysantina* и *A. sterilis* L. У *A. sterilis* были выделены формы с крупным зерном, содержанием белка 26–28% и устойчивые к корончатой ржавчине. В то же время отмечается, что у этого вида выше доля глютелинов и спирторастворимых белков, чем у культурных, и вследствие этого несколько меньше лизина, аланина, глутаминовой и аспарагиновой кислот и больше гистидина, аргинина, треонина, пролина, валина, изолейцина и лейцина.

Таблица 24

Содержание и качество белка сортов Dal и Otee, %

Сорт	Белок	Аминокислоты в белке			Аминокислоты в зерне		
		лизин	метионин	триптофан	лизин	метионин	триптофан
Dal	22,3	4,0	2,4	3,2	0,89	0,54	0,71
Otee	22,4	4,1	2,4	3,3	0,92	0,54	0,71
Среднее по коммерческим сортам	17,1	4,2	2,5	3,3	0,72	0,43	0,56

Изучение высокобелковых образцов *A. sterilis* в различных системах скрещиваний с сортами *A. sativa* показало, что высокое содержание белка хорошо наследуется гибридами, но часто влечет за собой такие признаки дикого вида, как низкий урожай, осыпаемость, остистость и другие отрицательные свойства. И все же в потомстве межвидовых гибридов есть

возможность появления транстрессивных форм и форм, у которых незначительна или совсем отсутствует отрицательная корреляция между содержанием белка и урожайностью.

Однако наиболее быстрый и эффективный путь повышения содержания белка в зерне овса — использование сортового разнообразия овса полевного. Особо интересны в этом плане сорта американского континента. Повышенным содержанием белка характеризуются и сорта отечественной селекции: Друг, Кировский, Надежный, Скороспелый и др. Сорта Кировский, Новосибирский 5, Уран и Егорыч включены в список наиболее ценных по качеству сортов. Из зарубежных сортов наиболее ценны по содержанию белка и лизина Arroу, Марино, Майор (Нидерланды), Ройал Скот, Гартон 748 (Великобритания), Фрезер и Кебот (Канада), Гапанц, Дэл, Патмен, Оти (США), Арнольд и Агриппа (ФРГ), Диаманте Р-31 (Мексика), Юй-Май и Чайнлиз (Китай) и др.

Перспективной в селекции на повышение качества зерна голозерные овсы. Они превышают пленчатые овсы по содержанию сырого белка (14–20% у голозерных и 12–14% у пленчатых), имеют меньше сырой клетчатки в зерне (23 и 104 г/кг соответственно) и больше безазотистых экстрактивных веществ. Голозерный овес может использоваться на кормовые и пищевые цели без предварительной обработки. Выход крупы из голозерного овса достигает 90% (у пленчатого — 50–60%). Выход хлопьев из его зерна выше, чем у пленчатых, на 27%. Крупа и хлопья из зерна голозерного овса обладают лучшими вкусовыми качествами, чем из зерна пленчатого овса.

Недостатком голозерного овса является незащищенность его зародыша от механических повреждений, что может привести не только к снижению всхожести, но и более быстрому окислению и прогорканию жиров. Повышенная опушенность зерновки голозерного овса затрудняет его переработку, посев и уборку. У голозерного овса часто встречаются пленчатые зерна, что засоряет используемое оборудование и существенно снижает выход хлопьев. Доля пленчатых зерен зависит не только от сортовых особенностей, но и от условий вегетации и может варьировать в пределах 0,4–2,3%.

Благодаря оптимальному аминокислотному составу и низкому содержанию клетчатки голозерный овес имеет преимущество перед пленчатым и при его использовании на зеленый корм. Канадские ученые считают, что голозерный овес может стать аналогом кукурузы в северных районах, где она не возделывается на зерно, а российские специалисты считают, что он может заменить подсолнечник в таких районах.

Различия по накоплению жира у сортов мировой коллекции в условиях Подмосквы составили от 3,7 (сорт Гэрэл) до 6,1% (сорт Советский), у большинства сортов содержание жира было 4,5–4,8%, что в 2–3 раза выше, чем у пшеницы, ржи, ячменя. Наибольшее разнообразие высокомасличных образцов установлено среди сортообразцов Средиземно-

морского региона. Многие образцы Югославии вида *A. sativa* имели содержание жира в неочищенном зерне от 6,5 до 7,5% при пленчатости от 18 до 26,1%. В США было выделено значительное количество образцов с содержанием жира до 9–10%.

Важное значение для селекции овса имеют корреляции между главными жирными кислотами и общим количеством липидов: пальмитиновая –  $r = 0,76$ , олеиновая –  $r = 0,91$ , линолевая –  $r = 0,85$ , насыщенные жирные кислоты –  $r = 0,68$ . Таким образом, при селекции на повышенное содержание жира в зерне овса в первую очередь будет расти непасыщенность за счет наиболее ценной олеиновой кислоты.

Содержание жира и его жирнокислотный состав определяются главным образом генотипом сорта и практически не зависят от условий выращивания. Доказано отсутствие корреляции между содержанием жира и белка, а также урожайностью зерна, что дает возможность вести одновременную селекцию на эти признаки.

В зависимости от направления использования к биохимическому составу зерна предъявляются различные требования. При селекции овса на пищевые цели необходимо повышать содержание в зерне белка и  $\beta$ -глюкоанатов, понижать содержание жира. Последнее очень важно, так как для получения ряда продуктов питания из овса необходимо проводить обезжиривание ядра овса. Высокое содержание жира часто приводит к прогорканию и снижению сроков годности продуктов питания.

В мире существует интерес к зерновым культурам как средству борьбы с сердечно-сосудистыми заболеваниями, повышенным содержанием холестерина в крови, заболеваниям органов пищеварения. Особую роль в этом играет овес. Крахмал овса значительно отличается от крахмала других зерновых культур. Имеющиеся в нем полисахариды типа  $\beta$ -глюкана дают с водой характерные для овса слизи.  $\beta$ -глюкан обладает не только лекарственными, но и диетическими свойствами. Его содержание в зерне овса (4–8,5%) положительно коррелирует с содержанием белка и отрицательно – с содержанием жира. Это позволяет относительно легко вести селекцию на повышенное содержание белка,  $\beta$ -глюкоанов и пониженное содержание жира.

При повышении жира в зерновке должны использоваться другие методы хранения такого зерна. Кроме того, у такого зерна должно быть повышенное содержание стеролов и токоферолов, которые стабилизируют жир у овса.

Сорта для использования на фураж должны иметь пониженное содержание волокон,  $\beta$ -глюкоанатов, повышенное – белка и жира.

Снижение содержания жира в зерне овса возможно за счет сортовых различий от 3 до 5,5% у пленчатого, от 5 до 9% – у голозерного овса полевного, от 3 до 4,5% у овса византийского. Стабильно низким содержанием жира отличаются пленчатые сорта овса *Saxa* (Швеция), *Melys* (Великобритания), голозерные сорта Тюменский голозерный (Россия) и *Nava*

(Италия). Повышенное содержание жира с высоким содержанием белка сочетают в-10428 (Россия), Praefekt (Германия), Се-6490 (Великобритания) и др., с высокой урожайностью – Kulisch 112 С (Германия), Emrys (Великобритания), Ре-54-2 (Канада) и др.

В нашей стране при селекции овса на качество только в некоторых селекционных учреждениях определяют содержание лизина и жира в зерне, и то на заключительных этапах селекции. Практически не проводится оценка качества крупы в селекционном процессе. Такую оценку дает только Всероссийский центр по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур при прохождении сортом Государственного сортоиспытания, который разработал требования к ценным сортам овса (табл. 25).

Таблица 25

Основные требования к зерну овса и крупе из него для включения в список наиболее ценных сортов (для лабораторной оценки)

Показатель	Норма
Пленчатость, %, не более	26
Выраженность, %, не менее (определяется на ситах, мм)	85 2,3×20 2,0×20
Ботанический тип (форма зерна)	Толстоплодный, среднесплодный
Цвет зерна	Белый и желтый разных оттенков
Выход шлифованной крупы, %, не менее	59
Цвет каши	Светло-кремовый, кремовый без темных оттенков
Вкус каши, балл, не ниже	4,5

#### 5.4. Сорта овса

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, внесено 118 ортов ярового овса. Из них 74 входят в список наиболее ценных по качеству сортов.

**Метис.** Создан в Московском НИИСХ «Немчиновка» и на Нарымской госселекстанции индивидуальным отбором из гибридной комбинации Сельма × Руслан. Районирован в 1990 г.

Разновидность аура, Зерно среднекрупное, полуудлиненное, желтое. Масса 1000 зерен 30–39 г, пленчатость 20–21,7%, содержание белка 16,7–18,2%. Включен в список ценных по крупяным качествам сортов.

**Скаун.** Создан в Московском НИИСХ «Немчиновка» и на Ульяновской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции индивидуальным отбором из гибридной комбинации Фрезер × Астор. Районирован в 1988 г.

Разновидность мутика. Зерно белое толстоплодного типа, масса 1000 зерен 30,3–40,4 г, пленчатость 25–28%, содержание белка в зерне 10,8–15,0%. По крупным качествам включен в список наиболее ценных сортов.

**Тюменский голозерный.** Создан в НИИСХ Северного Зауралья и Казахском НИИЗ индивидуальным отбором из местной популяции в Сындыцян-Уйгурском АО КНР. В Государственном реестре с 2000 г.

Разновидность инермис. Среднеранний, вегетационный период 62–82 дня. Зерновка удлиненная, мелкая. Масса 1000 зерен 18–27 г. Содержание белка 16,8–18,7%. Натура зерна 560–690 г/л. Включен в список ценных по качеству сортов.

**Яков.** Создан в Московском НИИСХ «Немчиновка» отбором из гибридной популяции, созданной ступенчатым отбором географически удаленных форм овса. В реестре с 2010 г.

Разновидность мутика. Среднепоздний, вегетационный период 82–95 дней. Зерновка крупная, масса 1000 зерен 34–42 г. Содержание белка 11,9–12,8%. Натура зерна 430–570 г.

## Вопросы к главе 5

1. Каково значение овса как источника питания и кормов?
2. Что такое «двойные зерна» у овса?
3. Чем определяется высокая питательная ценность зерна овса?
4. Какие физические и технологические показатели учитываются при селекции овса?
5. Охарактеризуйте задачи селекции овса различных направлений использования.
6. Опишите перспективы и недостатки межвидовых скрещиваний овса.
7. Охарактеризуйте достоинства и недостатки голозерного овса.
8. Каковы требования к биохимическому составу зерна при селекции овса на: а) пищевые цели; б) фураж; в) для укосного использования?
9. Перечислите критерии лабораторных оценок для включения в список наиболее ценных по качеству сортов овса.
10. Какие основные селекционные учреждения занимаются селекцией овса?

Гречиха относится к важнейшим крупяным культурам. Зерно гречихи перерабатывают на крупу и муку, которые являются незаменимыми продуктами для детского и диетического питания. Поэтому в селекции этой культуры проводится оценка химического состава, технологических свойств (формы, крупности, выравненности, плечатости зерна, выхода крупы), а также показателей, определяющих качество после кулинарной обработки (привар, или коэффициент разваримости, продолжительность варки, цвет и запах сваренной крупы, сохранение формы ядра при варке, консистенция и вкусовые достоинства).

### 6.1. Химический состав

Химический состав плодов гречихи различен в отдельных частях и может колебаться в зависимости от сорта и условий произрастания (табл. 26).

Таблица 26

Химический состав плодов гречихи, % на сухое вещество  
(по А. С. Белиловской)

Части плода	Масса, %	Зола	Клетчатка	Жир	Белок	Крахмал
Плоды	100	2,0-2,5	10-17	1,8-3,7	11,5-15,5	50-70
Плодовая оболочка	19-27	1,8-2,5	42-68	0,5-1,3	3,0-5,0	0,5-1,0
Ядро (семенные оболочки, алейроновый слой, эндосперм, зародыш)	75-80	2,3-2,4	1,5-1,8	2,2-3,0	13,5-15,0	67-77
Эндосперм	53,5-60,2	0,3-0,4	0,6-0,7	0,5-0,7	8,0-10,0	87-90
Зародыш	13,7-18,7	7,0-10,0	3,5-4,0	10-22	43,7	-

Белки гречихи значительно отличаются от белков злаков и представляются в основном водо- и солерастворимыми фракциями: альбумины составляют около 33, глобулины – 42, проламины – 3,7%, на долю глютаминамов приходится 13–15% остальных белков. Такой состав белков обуславливает хорошую усвояемость их организмом.

В суммарных белках гречихи установлено 17 аминокислот, из них около 40% незаменимых (табл. 27). Для диетического и детского питания особенно необходимы лизин, аргинин и изолейцин.

Аминокислотный состав белков гречневой крупы, г на 100 г  
белка (по Е. П. Козьминой)

Аминокислота	Содержание	Аминокислота	Содержание
Аланин	4,52	Лизин	5,40
Аргинин	8,99	Метионин	2,60
Аспарагиновая	6,39	Пролин	5,20
Валин	5,09	Серин	4,89
Гистидин	2,52	Треонин	4,13
Глицин	5,70	Тирозин	4,26
Глютаминовая	20,24	Фенилаланин	5,92
Изолейцин	3,27	Цистин и цистеин	Следы
Лейцин	6,80		

Установлено, что биологическая ценность белка в решающей степени определяется соотношением незаменимых аминокислот. С этой целью проводится сопоставление аминокислотного состава исследуемого продукта (белков определенного сорта) с идеальной шкалой аминокислот, соответствующей полностью сбалансированному по этому показателю белку (метод аминокислотного сгора).

Согласно исследованиям Ф. З. Кадыровой, из современных сортов гречихи, созданных в Татарском НИИСХ, наиболее близки к эталону сорта Саулык и Черемшанка. Они характеризуются повышенным по сравнению с другими сортами содержанием валина, изолейцина и треонина. При этом содержание белка у возделываемых сортов по годам колеблется от 12 до 18%.

По качеству и количеству белка гречиха занимает первое место среди других крупяных культур (табл. 28). По физиологической ценности белковый комплекс гречневой крупы близок к белковому комплексу мяса, молока и яиц.

Таблица 28

Содержание белка и аминокислот в различных крупах

Показатели	Гречневая крупа	Пшено	Рисовая крупа	Овсяная крупа	Перловая крупа
Белок, %	12,6	12,0	7,0	11,9	9,3
Незаменимые аминокислоты, мг/100 г					
Валин	590	620	420	580	450
Изолейцин	520	590	330	500	460
Лейцин	680	1620	620	780	490
Лизин	630	360	260	420	300
Метионин	260	270	130	140	120

Показатели	Гречневая крупа	Пшено	Рисовая крупа	Овсяная крупа	Перловая крупа
Незаменимые аминокислоты, мг/100 г					
Тreonин	500	440	240	350	210
Триптофан	180	180	80	160	100
Фенилаланин	540	580	350	550	460

**Крахмал** в решающей степени определяет вкусовые качества продуктов, получаемых из зерна. В зависимости от условий выращивания гречихи содержание крахмала в ядрице колеблется от 70 до 78%.

Физико-химические свойства крахмала определяются соотношением в нем двух различных углеводных комплексов, называемых амилоза и амилопектин. Для крахмала характерны свойства коллоидов: набухание и вязкость. Способность крахмала к набуханию является сортовым признаком. Как правило, набухание крахмала начинается в интервале температур от 55 до 70°C и идет довольно медленно. Отмечены сортовые различия по температуре клейстеризации крахмала и конфигурации кривых набухания.

Величина относительной вязкости существенно зависит от величины крахмальных зерен. Крахмал гречихи с большим содержанием мелких зерен дает более вязкие растворы. Вязкость крахмала является сортовым признаком и не зависит от погодных условий.

Установлено, что консистенция каши определяется соотношением в крахмале амилозы и амилопектина. Чем выше содержание амилозы, тем больше воды поглощается крахмальными зёрнами, они увеличиваются в объеме и не разрушаются. Консистенция каши становится вязкой. При этом продолжительность варки каши зависит от температуры клейстеризации крахмала. Обычно варка ядрицы с повышенной конечной температурой клейстеризации длится на 15–20 минут больше.

**Жиры**, содержащиеся в ядре зерна (в основном в зародыше), характеризуются относительно высоким содержанием линолевой и линоленовой кислот, что обуславливает их стойкость к окислению и возможность длительного хранения крупы без прогоркания. Содержание жира в крупе 2,5–4,0%.

В гречневой крупе в большом количестве содержатся **витамины**: В<sub>1</sub> (тиамин), В<sub>2</sub> (рибофлавин), Р (рутин); присутствуют **минеральные вещества** (соединения железа, фосфора, кальция, марганца, цинка, в небольших количествах имеется бор, йод, никель, кобальт). В крупе гречихи содержится особенно полезные для пищеварения **органические кислоты** (лимонная, щавелевая, яблочная, малеиновая), которые в сочетании с минеральными солями обуславливают высокие пищевые и диетические свойства крупы. По содержанию меди (недостаток ее вызывает малокровие) гречневая крупа стоит на первом месте среди других круп.

В значительной степени питательная ценность крупы гречихи обусловлена высоким содержанием (12–15%) зародыша по отношению к ядру и его особым расположением в семени. Большая часть зародыша заключена внутри ядра в виде изогнутой пластинки, полностью погруженной в эндосперм. У остальных культур доля зародыша существенно ниже: у проса и овса 3–4%, ячменя 2,4–3,0%, риса 4–6%.

**Рутин** (гликозид кверцетин-флавонол). В крупе современных сортов содержание рутина достигает 0,76–0,94%. Это вещество в организме человека способствует укреплению стенок кровеносных сосудов, которые становятся хрупкими при развитии ряда заболеваний (гипертония, атеросклероз, диабет, лучевая болезнь и другие). В селекции на этот признак предпочтительно использовать для гибридизации сорта, у которых повышенный уровень рутина проявляется стабильно и слабо модифицируется под влиянием внешних условий (сорта Каракитянка, Чатыр-Тау).

В Башкирском НИИСХ создан уникальный сорт Башкирская красностебельная, у которого содержание рутина в цветках составляет 2,4–3,0%, листьях – 12,0–12,2%, стеблях – 2,4–3,0%. Надземная биомасса сорта является ценным и дешевым сырьем для извлечения рутина и производства лекарственных препаратов.

**Клетчатка** входит в состав плодовых оболочек, в значительно меньшем количестве содержится в эндосперме. В необрушенных плодах содержание ее 13–14, в крупе – до 2%.

## 6.2. Физические и технологические показатели зерна

**Форма.** Плод гречихи – трехгранный орешек, с острыми или тупыми ребрами и гладкими гранями. Иногда встречаются единичные плоды с двумя, четырьмя или многими гранями. Ребра обычно острые на всем протяжении от верхушки до основания плода. По развитости ребер плоды разделяют на бескрылые, крылатые и каемчатые. Бескрылыми называют плоды со слабовыраженными ребрами; у крылатых ребра хорошо заметны, ширина их достигает 1 мм и более; у каемчатых плодов крылья на ребрах сильно развиты, образуют как бы каемку.

Плодовые оболочки, состоящие из нескольких слоев толстоственных клеток, плотно облегают семя, но не срастаются с ним, в результате чего они легко отделяются от ядра в процессе обрушивания. Е. С. Алексеева делит плоды гречихи по соотношению длины и ширины на удлиненные (длина плода превышает ширину); округлые (длина равна поперечному сечению); и веретеновидные (верхнее и нижнее сечения равны). В технологическом отношении наиболее ценны сорта с округлой формой плода, которые имеют хорошо выполненное зерно с достаточно развитыми крыльями.

**Крупность и выравниваемость** зерна имеют особое значение при оценке качества гречихи. В практике селекции крупность зерна чаще все-

го характеризуют массой 1000 зерен. Плоды гречихи считаются мелкими, когда масса 1000 шт. меньше 20 г, средними – 20–22 г и крупными – более 22 г. Эта градация относится к диплоидным сортам. Масса 1000 зерен тетраплоидных сортов гораздо выше – до 30–40 г и более. У современных крупноплодных сортов этот показатель достигает 36–40 г.

При технологической оценке сортов **крупность зерна** выражают размерами отверстий двух смежных сит, на которых после просеивания остается наибольшее количество зерна. С крупностью гречихи тесно связаны условия и режим переработки зерна, а также выход и качество получаемой крупы. Благодаря наличию полостей между ядром и плодовыми оболочками крупное, хорошо выполненное зерно быстрее обрушивается, ядра легче выделяются, что обеспечивает их целостность и высокий выход наиболее ценной крупы-ядрицы. При этом коэффициент шелушения крупного зерна достигает 60%, а мелкого – 15–20%.

Установлена тесная связь между массой 1000 зерен и массой 1000 ядер ( $r = 0,89-0,93$ ). Как правило, с увеличением крупности ядра возрастает стойкость его к разрушению. Благодаря этим свойствам, многие крупноплодные сорта гречихи включены в список ценных.

**Выравниность зерна** выражают суммой наибольших сходов с двух смежных сит в процентах от взятой навески. Такой показатель довольно условный, но его широко применяют при оценке качества сортов гречихи. Высокой считается выравниность более 90%, низкой – менее 60%, от 60 до 90% – средний показатель.

Выравниность зерна гречихи тесно связана с крупностью. Если зерно крупное, то с увеличением его количества в общей массе улучшаются и технологические свойства сорта (табл. 29). Благодаря крупноплодности и высокой выравниности облегчается процесс переработки зерна на крупу, снижаются производственные затраты и повышается общий выход крупы.

Таблица 29

**Технологические и потребительские показатели сортов гречихи  
(данные ВЦИОКС)**

Оценка	Крупность зерна, мм	Выравниность зерна, %	Выход крупы, %	Цвет каши	Вкус каши, балл
Отличная	4,5–4,2	Не менее 80	76–74	Светло-коричневая	5
Хорошая	4,2–4,0	Не менее 65	73–71	То же	4 или 5
Средняя	4,0–3,8	Не менее 50	70–66	Коричневый с лимонным оттенком	3 или 4
Ниже средней	3,8–3,6	Менее 50	Менее 66	То же	3

Обычно на крупных заводах гречиха разделяется на шесть фракций по крупности, которые подвергаются раздельной переработке. При высокой выравненности зерна технологический процесс существенно упрощается, поскольку перерабатывают на крупу меньшее число фракций. В результате сокращаются время и затраты энергии, а выход готовой продукции (крупы) возрастает. Поэтому селекция этой культуры должна вестись одновременно на крупность и выравненность зерна с учетом его пленчатости.

У некоторых современных сортов гречихи (Каракитянка, Кама, Черемшанка) выравненность зерна достигает 99,7–100,0% при сходе с решета 4,8–4,5 мм, а крупность ядра – 80,0–87,5%.

На ранних этапах селекции для более объективной технологической оценки используют такой важный показатель как **разность размеров** плода и ядра. Для анализа отбирают определенное количество зерен от двух наибольших фракций, полученных при определении крупности и выравненности. Далее освобождают ядра от плодовых оболочек, сортируют их на том же наборе сит, подсчитывают количество ядер на ситах и по формуле вычисляют показатель разность размеров плода и ядра:

$$P = D_p - D_y = \frac{ab_1 + ab_2}{2a} - \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + \dots + n_nx_n}{2a}$$

где  $P$  – разность размеров плода и ядра, мм;  $D_p$  – средневзвешенный диаметр плодов;  $D_y$  – средневзвешенный диаметр ядер, мм;  $a$  – число зерен в пробе;  $b_1$  и  $b_2$  – диаметр сит, на которых осталось наибольшее количество семян, мм;  $n_1, n_2, \dots, n_n$  – число ядер на каждом сите;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – размеры отверстий сит, мм.

С этим показателем тесно связаны легкость шелушения зерна, общий выход крупы и выход ядрицы. Наибольший выход крупы, как правило, обеспечивают сорта с разностью размеров плода и ядра 0,8–0,9 мм.

**Пленчатость зерна** выражается отношением массы плодовых оболочек к массе зерна. Этот показатель определяют на всех этапах селекционного процесса. Зерно гречихи считается тонкопленчатым при содержании оболочек до 20%, среднепленчатым – при 20–22 и толстопленчатым, если содержание плёнок более 22%.

Пленчатость тесно связана с крупностью зерна, массой 1000 зерен, его выравненностью, что в конечном итоге и определяет выход крупы.

У гречихи отмечены значительные колебания пленчатости в зависимости от условий выращивания. При сравнении этого показателя у одних и тех же сортов при выращивании в Центрально-Черноземном и Волго-Вятском районах России максимальная пленчатость зафиксирована в Центральном районе. У ценных крупноплодных сортов содержание пленки варьирует по годам от 24 до 27%.

Наибольшая пленчатость, как правило, характерна для крупных фракций (сход с сит диаметром 4,5; 4,2; 4,0 мм), так как они состоят, в

Обычно на крупных заводах гречиха разделяется на шесть фракций по крупности, которые подвергаются раздельной переработке. При высокой выравнимости зерна технологический процесс существенно упрощается, поскольку перерабатывают на крупу меньшее число фракций. В результате сокращаются время и затраты энергии, а выход готовой продукции (крупы) возрастает. Поэтому селекция этой культуры должна вестись одновременно на крупность и выравнимость зерна с учетом его пленчатости.

У некоторых современных сортов гречихи (Каракитянка, Кама, Черемшанка) выравнимость зерна достигает 99,7–100,0% при сходе с решета 4,8–4,5 мм, а крупность ядра – 80,0–87,5%.

На ранних этапах селекции для более объективной технологической оценки используют такой важный показатель как **разность размеров** плода и ядра. Для анализа отбирают определенное количество зерен от двух наибольших фракций, полученных при определении крупности и выравнимости. Далее освобождают ядра от плодовых оболочек, сортируют их на том же наборе сит, подсчитывают количество ядер на ситах и по формуле вычисляют показатель разность размеров плода и ядра:

$$P = D_0 - D_n = \frac{ab_1 + ab_2}{2a} - \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + \dots + n_nx_n}{2a},$$

где  $P$  – разность размеров плода и ядра, мм;  $D_0$  – средневзвешенный диаметр плодов;  $D_n$  – средневзвешенный диаметр ядер, мм;  $a$  – число зерен в пробе;  $b_1$  и  $b_2$  – диаметр сит, на которых осталось наибольшее количество семян, мм;  $n_1, n_2, \dots, n_n$  – число ядер на каждом сите;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – размеры отверстий сит, мм.

С этим показателем тесно связаны легкость шелушения зерна, общий выход крупы и выход ядрицы. Наибольший выход крупы, как правило, обеспечивают сорта с разностью размеров плода и ядра 0,8–0,9 мм.

**Пленчатость зерна** выражается отношением массы плодовых оболочек к массе зерна. Этот показатель определяют на всех этапах селекционного процесса. Зерно гречихи считается тонкoplёнчатым при содержании оболочек до 20%, среднеплёнчатым – при 20–22 и толстоплёнчатым, если содержание плёнок более 22%.

Пленчатость тесно связана с крупностью зерна, массой 1000 зерен, его выравнимостью, что в конечном итоге и определяет выход крупы.

У гречихи отмечены значительные колебания пленчатости в зависимости от условий выращивания. При сравнении этого показателя у одних и тех же сортов при выращивании в Центральном-Черноземном и Волго-Вятском районах России максимальная пленчатость зафиксирована в Центральном районе. У ценных крупноплодных сортов содержание плёнок варьирует по годам от 24 до 27%.

Наибольшая пленчатость, как правило, характерна для крупных фракций (сход с сит диаметром 4,5; 4,2; 4,0 мм), так как они состоят, в

основном, из плодов крылатой формы. Имеют значение и сортовые особенности. Например, все фракции сорта Краснострелецкая имеют более высокую пленчатость по сравнению с сортами Богатырь и Шатиловская 5.

«Идеальный» сорт гречихи, по мнению Н.В. Фесенко, должен иметь сход с сита 4,5 мм близкий к 100%, а пленчатость – 18–19%.

**Цвет зерна и ядра.** Окраска плодов коричневая, изредка серая или фиолетово-черная, обычно с рисунком в виде точек, штрихов и мазков. Она значительно изменяется в зависимости от условий произрастания и уборки. Для незрелых плодов характерен более светлый оттенок – рыжеватый.

Ядра свежубранной гречихи обычно бледно-зеленого цвета. Окраска семенных оболочек изменяется при хранении и принимает светло- или темно-коричневые тона. В отличие от других культур гречиха по цвету ядра до и после варки не имеет сортовых различий.

**Выход крупы.** Из плодов гречихи вырабатывают в основном крупнярицу. **Ядрица** – это целые, неколотые ядра, получаемые в результате освобождения плодов гречихи от плодовых оболочек и оставшиеся при просеивании на сите отверстиями 1,6×20 мм. Колотые ядра, проходящие через указанное сито, называют **проделом**, являющимся побочным продуктом переработки.

Для оценки селекционного материала на ранних этапах селекции используется расчетный метод определения возможного выхода крупнярицы. Для этого применяется эмпирическая формула, предложенная И. В. Фесенко:

$$Y = 0,65M_1 + 0,60M_2 + 0,50M_3 + (25 - П),$$

где  $M_1$  – сход с сита с отверстиями 4,5 мм, г;  $M_2$  – то же, размером 4,2 мм, г;  $M_3$  – то же, размером 3,6–4,0 мм, г; П – пленчатость зерна, %.

При оценке технологических качеств зерна в лабораторных условиях обрушивание зерна осуществляют на специальных установках, где происходит процесс, близкий к производственному.

Один из наиболее важных показателей, характеризующих не только технологические свойства, но и экономическую ценность сорта, – это коэффициент извлечения ядра и отношение выхода ядрицы к проделу. Под коэффициентом извлечения ядра понимают отношение общего выхода крупы к содержанию ядра в зерне. Максимальное приближение этого коэффициента к 1, при высоком отношении выхода ядрицы к проделу, свидетельствует о высоких технологических качествах зерна (табл. 30).

На основании многолетних исследований крупяной лаборатории Государственной комиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений установлено, что технологическая ценность сортов может определяться содержанием крупных фракций – сходом с сита с отвер-

основном, из плодов крылатой формы. Имеют значение и сортовые особенности. Например, все фракции сорта Красностреленская имеют более высокую плёчатость по сравнению с сортами Богатырь и Шатилевская 5.

«Идеальный» сорт гречихи, по мнению Н.В. Фесенко, должен иметь сход с сита 4,5 мм близкий к 100%, а плёчатость – 18–19%.

**Цвет зерна и ядра.** Окраска плодов коричневая, изредка серая или фиолетово-черная, обычно с рисунком в виде точек, штрихов и мазков. Она значительно изменяется в зависимости от условий произрастания и уборки. Для незрелых плодов характерен более светлый оттенок – рыжеватый.

Ядра свежесобранной гречихи обычно бледно-зеленого цвета. Окраска семенных оболочек изменяется при хранении и принимает светло- или темно-коричневые тона. В отличие от других культур гречиха по цвету ядра до и после варки не имеет сортовых различий.

**Выход крупы.** Из плодов гречихи вырабатывают в основном крупоядрицу. Ядрица – это целые, неколотые ядра, получаемые в результате освобождения плодов гречихи от плодовых оболочек и остающиеся при просеивании на сите отверстиями 1,6×20 мм. Колотые ядра, проходящие через указанное сито, называют **проделом**, являющимся побочным продуктом переработки.

Для оценки селекционного материала на ранних этапах селекции используется расчетный метод определения возможного выхода крупоядрицы. Для этого применяется эмпирическая формула, предложенная Н. В. Фесенко:

$$Я = 0,65M_1 + 0,60M_2 + 0,50M_3 + (25 - П),$$

где  $M_1$  – сход с сита с отверстиями 4,5 мм, г;  $M_2$  – то же, размером 4,2 мм, г;  $M_3$  – то же, размером 3,6–4,0 мм, г; П – плёчатость зерна, %.

При оценке технологических качеств зерна в лабораторных условиях обрушивание зерна осуществляют на специальных установках, где происходит процесс, близкий к производственному.

Один из наиболее важных показателей, характеризующих не только технологические свойства, но и экономическую ценность сорта, – это коэффициент извлечения ядра и отношение выхода ядрицы к проделу. Под коэффициентом извлечения ядра понимают отношение общего выхода крупы к содержанию ядра в зерне. Максимальное приближение этого коэффициента к 1, при высоком отношении выхода ядрицы к проделу, свидетельствует о высоких технологических качествах зерна (табл. 30).

На основании многолетних исследований крупной лаборатории Государственной комиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений установлено, что технологическая ценность сортов может определяться содержанием крупных фракций – сходом с сита с отвер-

ствами 4,2 и 4,0 мм. Сорта с высоким содержанием крупных фракций и сравнительно низкой пленчатостью являются более ценными для выработки крупы, а мелкозерные сорта при переработке ухудшают технологично, дают больше продела и мучки.

Таблица 30

Эффективность переработки сортов гречихи в крупу  
(по Е. П. Козьминой)

Сорт	Содержание крупной фракции, %	Коэффициент извлечения зерна	Отношение выхода ядрицы к проделу	Район произрастания
Богатырь	82-90	0,94	9,2	Центрально-Черноземный
Калининская	50-60	0,92	6,5	Волго-Вятский
Шатиловская 4	70-90	0,94	8,0	Украина
Красноуфимская 216	71-75	0,94	7,9	Западно-Сибирский
Белорусская	50-58	0,93	6,3	Восточно-Сибирский

### 6.3. Кулинарные достоинства крупы

Гречневая крупа, выработанная из свежубранного зерна разных сортов, по своим кулинарным достоинствам практически не различается. В процессе селекции кулинарную оценку крупы проводят на стадии сортоиспытания. Для этой цели 25 или 50 г крупы заливают соответственно 50 или 100 мл кипящей воды с добавлением 0,5 или 1,0 г соли и помещают в водяную баню для варки. Продолжительность варки составляет 45-55 мин, готовность каши определяют органолептически. Затем определяют коэффициент разваримости крупы – отношение объема каши к объему взятой для варки крупы. У лучших сортов гречихи он равен 3,4-4,0. Путем дегустации оценивают по 5-балльной шкале консистенцию сваренной каши, цвет и вкус.

### 6.4. Схема оценки технологических свойств зерна гречихи

В практике селекции качество зерна гречихи определяют, начиная с отдельных растений и кончая сортоиспытанием. Каждый из этих этапов имеет свои особенности, которые влияют на выбор учитываемых показателей и возможные методы их определения.

На ранних этапах селекции ценность селекционного материала определяется на основании косвенных показателей качества. В дальнейшем,

при наличии достаточного количества зерна и уменьшении числа анализируемых образцов, применяют прямое определение технологических свойств.

В качестве примера приведена схема оценки технологических свойств гречихи, которая применяется в Научно-исследовательском институте зернобобовых и крупяных культур (г. Орел) (табл. 31).

Таблица 31

Схема оценки технологических свойств гречихи в процессе селекции  
(по П. И. Шумилину)

Питомник	Контролируемый показатель	Требуется зерна для анализа
Исходного материала (при оценке зерна с растений)	Крупность и выравненность зерна	Все зерно с растения
	Масса 1000 зерен	2 пробы по 10 зерен
	Пленчатость	2 пробы по 10 зерен
Селекционный	Разность размеров плода и ядра	2 пробы по 10 зерен
	Крупность и выравненность зерна	200 зерен
	Масса 1000 зерен	2 пробы по 10 зерен
Контрольный	Пленчатость	2 пробы по 10 зерен
	Крупность и выравненность зерна	2 пробы по 50 г
	Масса 1000 зерен	2 пробы по 500 зерен
	Пленчатость	2 пробы по 2,5 г
	Выход крупы	2 пробы по 50 г
Конкурсное сортоиспытание	Кулинарные достоинства крупы	2 пробы по 25 г
	Крупность и выравненность зерна	2 пробы по 200 г
	Масса 1000 зерен	2 пробы по 500 зерен
	Пленчатость	2 пробы по 2,5 г
	Выход крупы	2 пробы по 200 г
	Кулинарные достоинства крупы	2 пробы по 50 г

В соответствии с этой схемой зерно с элитных растений оценивают по крупности и выравненности, разности размеров плода и ядра, пленчатости и массе 1000 зерен. Последние три показателя определяют микрометодами по одним и тем же пробам. Крупность и выравненность зерна устанавливают с помощью ручного отсеива, используя все зерно с растения.

В селекционном питомнике также контролируют крупность и выравненность зерна, массу 1000 зерен и пленчатость. Их определяют, применяя микрометоды, модифицированные применительно к данному этапу.

На стадии контрольного питомника для оценки гречихи по крупности и выравненности зерна используют навески по 50 г, разделяя их на фракции с помощью механизированного лабораторного отсеива. Массу 1000 зерен и пленчатость находят общепринятыми методами. По результатам определения пленчатости и крупности зерна, эмпирическим путем, по формуле Н. В. Фесенко, рассчитывают возможный выход ядрицы.

Если зерна достаточно, то образцы, выделенные по продуктивности, крупности и пленчатости, оценивают по выходу крупы, перерабатывая 50-граммовые навески на лабораторной установке.

Полная технологическая оценка сортов гречихи проводится в конкурсном сортоиспытании. Применяемые по схеме методы принципиально не отличаются от методов крупной лаборатории Всероссийского центра по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур. Введены лишь некоторые изменения, касающиеся массы анализируемых навесок при определении выхода крупы. Уменьшение навесок существенно не отражается на достоверности получаемых данных, но производительность анализов заметно повышается.

Сорт гречихи считается ценным по качеству зерна, если он соответствует ряду требований, установленных Всероссийским центром по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур для данной группы сортов (табл. 32).

Таблица 32

Основные требования к зерну гречихи в крупе из нее для включения в список наиболее ценных сортов (для лабораторной оценки)

Показатель	Диплоидные сорта	Тетраплоидные сорта
Пленчатость, %, не более	23	27
Выравненность, %, не менее (определяется на ситах диаметром, мм)	80 4,5 4,2	90 4,5 4,2
Форма зерна	Трехгранная, слегка удлинённая, с ясно выраженными крыльями	
Общий выход крупы, %, не менее; в т. ч. содержание продела, %, не более	75 4	72 2
Крупность ядра (сход с сита диаметром 3,8 мм) <sup>1</sup> , не менее	45	70
Кулинарная оценка, балл, не ниже	5	5

### 6.5. Сорта гречихи

**Богатырь.** Создан на Орловской государственной сельскохозяйственной опытной станции имени П.И. Лисицына многолетним массовым отбором наиболее крупной и выполненной фракции семян из местной популяции при посеве в ранние (майские) сроки в условиях высокой культуры земледелия. В России возделывается с 1938 г.

Технологические и крупяные качества высокие. Плоды крылатые, крупные, масса 1000 зерен 22–24 г, у крупной фракции до 30 г. Пленчатость плодов средняя – 20–24%. Натура зерна от 400 до 630 г, выравнен-

ность 60–90%, выход крупы 65–75%, содержание продела 3–14%. Вкус каши отличный. Включен в список ценных по качеству сортов.

**Саулык.** Создан в Татарском НИИСХ совместно с Всероссийским институтом пчеловодства сочетанием индивидуально-семейного и семейно-группового отборов из сложной гибридной популяции Кама 100, сформированной от перекрестления крупноплодных термостойких биотипов. В России возделывается с 1997 г.

Сорт среднеспелый, устойчив к полеганию, осыпанию и засухе, обладает пластичностью, высота растений 80–100 см. Плоды крупные, округлые с выраженными гранями, масса 1000 зерен 30–45 г. Технологические и крупиные качества высокие. Белок сбалансирован по аминокислотному составу, при этом преобладают легкорастворимые фракции. Включен в список ценных сортов по качеству.

**Каракитлика.** Создан в Татарском НИИСХ повторным индивидуально-семейным отбором из сложногогибридной популяции РП-149, сформированной из материалов отбора сорта Троянда в направлении повышения засухоустойчивости и качества. В Государственном реестре с 1991 г.

Плоды серо-коричневого цвета, крупные, крылатые, масса 1000 зерен 36–38 г. Сорт отличается скороспелостью, засухоустойчивостью, дружностью созревания, высокой нектаропродуктивностью и урожайностью. Технологические и кулинарные свойства высокие. Содержание белка в зерне 18%, выравненность зерна 96–99,7%, пленчатость 22–26%, выход крупы 69–73%, крупность ядра 68–83%. Включен в список ценных по качеству сортов.

**Девятка.** Создан во ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. Родословная: Деметра (д-12) × Молва (ОВ-5). В Государственном реестре с 2004 г.

Тип роста детерминантный, сорт характеризуется дружным созреванием, устойчивостью к полеганию и осыпанию, средняя урожайность в регионах допуска 11,0 ц/га. Технологические и кулинарные качества высокие. Зерно крупное, масса 1000 зерен 30–36 г, выравненность 95–99%, выход крупного ядра 90%. Включен в список ценных по качеству сортов.

**Диалог.** Создан во ВНИИ зернобобовых и крупяных культур при использовании многократного негативного и массового отбора из комбинации Гд-11/94 × Д-24/94 по признакам габитуса и продуктивности. В Государственном реестре с 2008 г.

Тип роста детерминантный, характеризуется дружным созреванием, устойчивостью к полеганию и засухе. Средняя урожайность в Центрально-Черноземном регионе 16,3 ц/га. Технологические и кулинарные качества высокие. Зерно крупное, масса 1000 зерен 30–36 г, выравненность высокая. Включен в список ценных по качеству сортов.

**Наташа.** Создан в Сибирском НИИ растениеводства и селекции многократным семейно-групповым отбором из гибридной популяции,

полученной при свободном переопылении сорта Ирменка и скороспелых крупноплодных форм. В Государственном реестре с 2003 г.

Средняя урожайность в Западно-Сибирском регионе – 12,9 ц/га. Сорту раннеспелый, дружно созревает за 75–96 дней, устойчив к полеганию и осыпанию, тип роста индетерминантный. Технологические и кулинарные качества высокие. Зерно крупное, масса 1000 зерен 35–40 г. Включен в список ценных по качеству сортов.

**Большевик 4.** Тетраплоидный сорт, создан в Институте биологии развития АН при обработке колхичином сорта Большевик селекции И. А. Пульмана. Возделывается в производстве с 1980 г.

Технологические и крушные качества высокие, включен в список ценных сортов. Плоды крупные, масса 1000 зерен 32–38 г, пленчатость 21–25%. Выравненность зерна 90%, выход крупы 78%, содержание белка в зерне 15%, вкус каши 5 баллов. Включен в список ценных по качеству сортов.

1. Чем определяется биологическая ценность белков гречихи?
2. Почему гречневая крупа может долго храниться и не терять своих качеств?
3. Какие витамины и минеральные вещества содержатся в крупе гречихи?
4. Какое вещество извлекают из надземной биомассы гречихи для получения лекарственных препаратов?
5. Какие физические и технологические показатели зерна учитываются в селекции гречихи?
6. Перечислите основные показатели кулинарных качеств крупы.
7. От чего зависит консистенция гречневой каши?
7. Приведите схему оценки технологических свойств зерна гречихи в процессе селекции.
8. Перечислите основные показатели качества зерна наиболее ценных сортов гречихи.
9. Какие селекционные учреждения ведут селекцию гречихи?

Просо входит в группу основных крупяных культур и возделывается в России в степной и лесостепной зонах. Из проса получают крупу (пшено-дранец и шлифованное) и муку для производства хлебных продуктов. Значительные объемы зерна перерабатывают на крахмал и спирт, используют для приготовления комбикормов.

При создании сортов крупяного направления проводят анализ химического состава, оценивают технологические и потребительские свойства зерна и крупы. К технологическим показателям проса относятся форма, крупность и выравниваемость зерна, пленчатость, легкость обрушивания, выход крупы, консистенция эндосперма; к потребительским: содержание испорченных (меланозных) зерен, цвет пшена, а также показатели, определяющие качество крупы после кулинарной обработки (привар или коэффициент разваримости, продолжительность варки, цвет и запах сваренной крупы, консистенция, вкусовые достоинства каши).

Кроме сортов крупяного направления, создают сорта зерноукосного типа.

### 7.1. Химический состав

Питательная ценность крупы в значительной степени определяется биохимическим составом частей зерновки (табл. 33).

Таблица 33

Химический состав зерна проса, % на сухое вещество  
(по Е. П. Козьминой)

Наименование	Белок	Крахмал	Сахар	Клетчатка	Жир	Минеральные вещества
Зерно	13,5	67,5	0,6	10,3	4,2	3,9
Цветковые оболочки	4,5	28,1	0,3	53,4	0,8	12,9
Ядро	16,4	77,3	1,3	0,7	3,0	1,3
Зародыш	24,0	30,0	3,9	3,9	22,0	7,0

Зерно проса содержит 8,8–19,3% (в среднем 13,7%) сырого протеина, 51–65% (в среднем 52%) крахмала, 3,8–5,0% жира, 1,5–2,5% сахаров, 1,5–4,2% золы.

В зависимости от зоны возделывания содержание белка в зерне колеблется от 12 до 17%. Климатические условия ряда областей Поволжья и Центрально-Черноземной области способствуют более высокому накоплению белка. У кормовых сортов проса его должно быть не менее 16%.

Белки проса представлены в основном проламинами, на которые приходится 60–70% всех белковых веществ зерновки. Суммарное количество легкоусвояемых соле- и водорастворимых фракций белка значительно меньше и доходит до 18%. В Китае широко используется для питания «клейкое» просо, отличающееся повышенным содержанием (18–31%) легкоусвояемых фракций белка – альбуминов и глобулинов.

В состав белков проса входит 19 аминокислот, в том числе все незаменимые. Среднее содержание лизина в белке ядра проса составляет 1,5–2,3%, триптофана – 0,8–1,4, метионина – 1,9–2,2, глутаминовой кислоты – 21,3%. По содержанию лейцина (12,2%) и изолейцина (4,1%) пшено превосходит все остальные крупы.

Виды круп имеют разное содержание сырого протеина: пшено-дранец – 12,0–14,7, пшено шлифованное – 14,2%.

Крахмал обычных сортов проса состоит из амилозы (18–21%) и амилопектина (79–82%), у «клейкого» проса доля амилопектина составляет 95–100%. Такой особенный крахмал может быть использован в пищевой, химической, бумажной, текстильной и других отраслях промышленности.

В зерне проса содержится значительное количество различных ферментов и высокоактивных амилаз. Установлено, что мальтаза проса активнее мальтазы других злаковых культур. Это позволяет использовать зерно проса в качестве сырья для получения солода.

По сравнению с другими злаками зерно проса отличается высоким содержанием **жира**. В зародыше проса его содержание достигает 21–29%. При выработке крупы большая часть жира отходит в мучель, но в шлифованном пшене его остается около 3%. Основные компоненты липидов проса – ненасыщенные жирные кислоты: линолевая (66%) и олеиновая (20%). Они легко окисляются при длительном хранении и продукты их разложения придают пшену неприятный вкус.

В состав жира входит значительное количество (65–96 мг%) токоферола (витамина Е), а также каротина (6–10 мг%) и ксантофила. Миллицин, кристаллический осадок, выделяющийся в значительном количестве из просяного масла (0,2% от массы зерна), может быть использован в фармацевтической промышленности для производства стероидных гормонов.

В крупе в значительном количестве присутствуют минеральные вещества и **микроэлементы** – цинк, кобальт, марганец, йод, медь и бор. По содержанию **витаминов В<sub>1</sub>** и **В<sub>2</sub>** пшено превосходит зерно других злако-

рушиваемым зерном имеют цветковые пленки из пяти утолщенных слоев клеток, обычно окрашенных пигментами. У тонкопленчатых разновидностей слой клеток тонкие, слегка морщинистые, просвечивающиеся, белые.

Все возделываемые сорта проса относятся к группе грубопленчатых разновидностей, которые делятся на *низкопленчатые* с пленчатостью 10–13%, *среднепленчатые* – 14–18%, *высокопленчатые* – более 18%. Вести селекцию на низкую пленчатость (ниже 13%) нецелесообразно, поскольку такие сорта имеют светло-желтую окраску ядра и сильнее поражаются меланозом.

Пленчатость зерна – важный технологический показатель, так как с ним связан выход пшена и устойчивость к меланозу – подпленочному поражению ядра различными бактериями и грибами, которые активизируются в месте повреждения поверхности ядра колпачко-сосущими насекомыми. В результате их жизнедеятельности на поверхности ядра появляются темные пятна, начинается ферментативное разложение эндосперма и значительно ухудшается качество крупы.

Содержание зерна пораженного меланозом устанавливают одновременно с определением пленчатости. Для этого из обрубленных зерен выделяют испорченные ядра, взвешивают и рассчитывают их содержание в процентах. Точность анализа повышается, если навеску ядер подвергнуть воздействию 96-градусного этилового спирта или денатурата. При этом все испорченные участки мгновенно темнеют.

Окраска зерна (цветковых пленок) проса определяется визуально путем сравнения образцов с эталонами зерна. Основные окраски: белая, кремовая, желтая, коричневая (красная), бронзовая, темно-коричневая, каштановая, серая (полосатая на белом или кремовом фоне), желто-серая, кремовая или белая с желтым пятном, белая с серым пятном. Все цветные окраски зерна свойственны грубопленчатым формам, белая окраска у них встречается редко. Тонкопленчатые легкообрушиваемые формы обычно белозерные.

Установлено, что окраска цветковых пленок находится под контролем нескольких генов, достаточно сложной взаимодействующих друг с другом. При этом проявление окраски и ее интенсивность зависят от толщины слоев пигментированных клеток и вида пигментов, которые там присутствуют.

Окраска ядра определяется визуально на черном фоне или путем проведения химического анализа. Она может быть ярко-желтой, желтой и светло-желтой, кремовой и светло-кремовой, белесой и белесой с серым оттенком. Более ценными потребительскими качествами обладает ядро ярко-желтой и желтой окраски, которое получают из сортов проса с интенсивно окрашенным зерном. Яркость окраски ядра зависит от синтеза каротиноидов и их выгорания в процессе налива зерна (табл. 34).

Содержание каротиноидов в зерновках проса

Сорт	Окраска зерна	Каротиноиды, мг%
Саратовское 853	Ярко-желтая	0,91
Уральское 1419	Ярко-желтое	0,86
Веселоподольское 38	Желтая	0,58
Оренбургское 42	Желтая	0,53
Киевское 7	Светло-кремовая	0,31

**Выход крупы.** Процесс лабораторной переработки проса в крупу складывается из двух этапов – шелушения или удаления цветковых оболочек и шлифования, т.е. снятия более тонких, плотно прилегающих к эндосперму плодовых и семенных оболочек, а также большей части зародыша и некоторой части алейронового слоя. Для этой цели используется установка ЛУП-1М.

Из проса вырабатывают **пшено-дранец** (после удаления цветковых пленок) и **пшено шлифованное** высшего, 1-го и 2-го сортов, получая при этом побочные продукты (кормовую дробленку, мучку, отходы и лузгу). Удаление зародыша у 70–80% зерен свидетельствует о достаточной степени шлифования.

Наиболее высокими технологическими качествами обладают сорта с крупным выровненным шаровидным зерном, с пленчатостью 14–18% и стекловидным эндоспермом. Выход пшена в этом случае составляет 77% и более. Ядро полумучнистой и мучнистой консистенции легче дробится при обрушивании, и значительная его часть уходит в отходы. Также ведет себя и ядро, пораженное меланозом. Установлена отрицательная корреляция показателя выхода крупы с пленчатостью зерна ( $r = -0,78...-0,92$ ) и с подпленочным поражением ядра ( $r = -0,62...-0,74$ ).

Если сравнить пшено-дранец и пшено шлифованное, то в последнем содержится больше крахмала (на 4,4–9,4%), но меньше белка (на 1,00–2,63%) и жира (на 1,23–2,62%). Вследствие этого снижается пищевая ценность шлифованного зерна, хотя разваримость его улучшается. При шлифовании теряется также 23–24% каротина, так как он сосредоточен в основном в периферийных слоях, и меньше – ксантофилла (на 3–11%), который концентрируется в центральной части. Установлена высокая корреляционная зависимость ( $r = 0,95$ ) между содержанием каротиноидов и жира в шлифованном пшене.

### 7.3. Потребительские свойства и кулинарные достоинства крупы

Цвет пшена является основным показателем качества. Он определяется визуально на темном (черном) фоне. Окраска пшена может быть:

ярко-желтая, желтая, желтая с серым оттенком, светло-желтая, светло-желтая с серым оттенком, кремовая, светло-кремовая, серая.

**Консистенция** пшена по внешнему виду характеризуется как стекловидная, полустекловидная и мучнистая.

**Содержание ядер, пораженных меланозом** более 0,5%, не допускается. Пшено высокого качества должно иметь ярко-желтый цвет, стекловидную структуру эндосперма, содержать **нешелушенных зерен** не более 0,4%, а **битых ядер** – не более 1,0%.

**Кулинарные достоинства** крупы оценивают обычно на этапах конкурсного и Государственного сортоиспытания.

Для варки каши используют специальные приборы, представляющие собой электрическую водяную баню типа ПКО-1 или ПОР-1. По методике Государственной комиссии по испытанию и охране селекционных достижений используют навески массой 50 г. Обязательно отмечают продолжительность варки до готовности каши, она может изменяться от 30 до 60 мин. Определяют **коэффициент разваримости (привар)** – отношение объема каши к объему взятой для варки крупы или массы каши к массе крупы. Этот показатель у сортов проса колеблется от 4 до 5,2 и более единиц.

Органолептически оценивают консистенцию каши (рассыпчатая, порурассыпчатая и вязкая), цвет (ярко-желтый, желтый, светло-желтый, желесый, серый) и вкус по 5-балльной шкале.

#### 7.4. Селекция на качество

Задачи селекции проса определяются в зависимости от цели использования и зоны возделывания сорта.

Сорта крупяного направления должны быть пластичны, отличаться стабильной урожайностью и давать зерно высокого качества: масса 1000 зерен не менее 8–9 г; пленчатость не более 13–15%, выход крупы не менее 77%, содержание белка в крупе 16–17%, лизина в белке не менее 1,5%, триптофана – не менее 1,6%; содержание каротиноидов 13–14 мг/кг, прочный стекловидный эндосперм; быстрая разваримость и высокие кулинарные качества.

В процессе создания сортов с высокими технологическими качествами необходимо принимать во внимание, что крупность зерна, форма, окраска и пленчатость, а также признаки, обуславливающие потребительские качества пшена, генетически контролируются самостоятельными генами и их системами. Поэтому по каждому из этих признаков осуществляются подбор пар при скрещивании, а также отбор и оценка созданного селекционного материала.

Необходимо также учитывать взаимосвязь между признаками качества и их связь с продуктивностью растений и устойчивостью к болезням – стрессовым факторам среды. Установлено, например, что красная окра-

ска сравнительно грубых пленок зерна связана с повышенным содержанием каротиноидов в ядре и ярко-желтой окраской пшена и его стекловидностью. Крупнозерновые формы с шаровидным зерном и тонкими, неплотно смыкающимися пленками сильнее поражаются меланозом и менее устойчивы к засухе. Более легким обрушиванием отличаются формы с белым, кремовым и красно-пятнистым зерном, однако они уступают по содержанию каротина, яркости и стекловидности ядра.

Отбор по всем признакам качества зерна и ядра обычно осуществляют путем индивидуальной оценки растений, выделенных из гибридных популяций. Начиная с первого поколения, проводят отбор по яркости ядра и выделяют формы с восковидным эндоспермом. Разработан прибор, позволяющий определять тип крахмала в отдельных ядрах без их повреждения, что позволяет проводить индивидуальную оценку растений по этому признаку. В НИИСХ Юго-Востока разработан высокоэффективный метод трехкратного массового отбора из гибридных популяций по ярко-желтой окраске ядра при «мигком» шелушении с последующим использованием обрушенных ядер для посева.

Отбор по крупности, окраске и форме, а также пленчатости зерна проводят, начиная со второго поколения гибридов.

В НИИСХ Юго-Востока на ранних этапах селекции у отобранных из гибридных популяций метелок выделяют по 100 зерен и определяют по ним массу 1000 зерен, затем обрушивают их на лабораторном шелушителе ЛШ-1 или шелушильно-шлифовальных установках ЛУП и ЛУП-1М. Перед шлифованием обязательно оценивают стекловидность, яркость окраски ядра и процент испорченных (меланозных) ядер, так как при шлифовании они частично разрушаются и уходят в мучель. После шлифования учитывают выход крупы и окраску ядер.

При наличии небольшого количества зерна пленчатость определяют на двух или трех пробах массой 300–500 мг, осуществляя шелушение с помощью обыкновенной резинки и мелкой наждачной бумаги, а взвешивание – на торзионных весах с точностью до 1 мг.

Для включения сортов проса в список наиболее ценных Всесоюзным центром по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур разработаны требования (табл. 35).

Таблица 35

**Основные требования к зерну проса и крупе из него для включения в список наиболее ценных сортов (для лабораторной оценки)**

Показатель	Зерно разных оттенков	
	красное и желтое	светлое
Пленчатость, %, не более	18	15
Выравнишенность, %, не менее (определяется на ситах, мм)	75	80
	1,7×20	1,8×20
	1,8×20	1,9×20

Показатель	Зерно разных оттенков	
	красное и желтое	светлое
Форма зерна	Шаровидная, слегка шаровидная, овальная	
Структура эндосперма	Стекловидная	Стекловидная, есть небольшое мушкетёрское пятно
Содержание мелкозёрных зерен, %, не более (при неблагоприятных условиях выращивания на ГСУ)	0,8	1,5
Выход шпена, %, не менее	77	79
Цвет крупы и каши	Ярко-желтый	Ярко-желтый, желтый
Содержание каротиноидов в крупе, мг/кг, не менее (определять в тех случаях, когда сложно дать визуальную оценку цвета крупы)	12	10
Вкус каши, балл, не менее	5	4,5
Консистенция каши	Рассыпчатая	Рассыпчатая

## 7.5. Сорты проса

**Саратовское 853.** Создан в НИИСХ Юго-Востока индивидуальным отбором из местного сорта Саратовской области. Возделывается с 1933 г.

Разновидность сангвинеум. Технологические и крупяные качества высокие. Зерно красное, овальное, масса 1000 зерен 6,2–7,5 г, натура высокая – 720–780 г, пленчатость – 16–20%, выход крупы 75–80%, ядро стекловидное и при обрушивании не дробится. Крупа желтого и ярко-желтого цвета, каша рассыпчатая, вкусовые достоинства отличные. Относятся к ценным по качеству сортам.

**Квартет.** Создан во ВНИИ зернобобовых и крупяных культур путем объединения четырех линий-аналогов, созданных на основе сорта Благодатное, с неидентичными генами (*Sph1*, *Sph2*, *Sph3*, *Sph4*) резистентности к расам головни в морфологически однородную мультилинейную композицию. В Государственном реестре с 1992 г.

Среднеспелый, высота растений от 70 до 130 см, устойчив к полеганию, осыпанию и засухе. Технологические и кулинарные качества высокие. Масса 1000 семян 6,5–8,5 г, зерно красное, округлое, окраска шлифованного ядра ярко-желтая. Включен в список ценных по качеству сортов.

**Заряна.** Создан в Поволжском НИИ селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова путем сложной ступенчатой гибридизации с использованием сортов Саратовское 853, Кинельское 2462, Долинское 86, Ско-

роspелое 66, Шатиловское 624, ВНИС-29 и образцов коллекции ВИР. В Государственном реестре с 2002 г.

Среднеспелый, высота растений от 70 до 100 см, устойчив к полеганию, осыпанию и засухе. Технологические и кулинарные качества высокие, масса 1000 зерен 8,0–9,9 г, зерновки округлые, цветковые чешуи красные, окраска нешлифованного зерна ярко-желтая. Включен в список ценных по качеству сортов.

*Саратовское 12.* Создан в НИИСХ Юго-Востока путем скрещивания Сангвинеум 8-88 × Саратовское 853. В Государственном реестре с 2005 г.

Среднеспелый, устойчив к полеганию и засухе. Технологические и кулинарные качества высокие. Масса 1000 зерен 7,7–9,5 г, зерновка округлая, цветковые чешуи темно-красные, окраска нешлифованного зерна желтая. Сорт отнесен к ценным по качеству. Отличительная особенность сорта: практически одновременное созревание метелки и засыхание вегетативной массы, что позволяет проводить прямое комбайнирование.

## Вопросы к главе 7

1. Какая фракция доминирует в составе белков проса?
2. Каковы особенности строения крахмала «клеякого» проса?
3. Какие витамины и минеральные вещества присутствуют в крупе проса?
4. От чего зависит яркость ядра проса?
5. Перечислите физические и технологические показатели зерна проса, учитываемые в селекции.
6. Что такое меланоз проса?
7. От чего зависит выход крупы проса?
8. Чем определяются потребительские и кулинарные достоинства крупы проса?
9. Назовите основные показатели качества зерна наиболее ценных сортов проса.
10. Назовите основные селекционные учреждения, ведущие селекцию проса.

Рис – одно из наиболее распространенных растений в мировом земледелии. Он является основным продуктом питания для половины населения земного шара, особенно в странах Азии, Африки и Латинской Америки. По калорийности рис не уступает пшенице, коэффициент усвояемости его близок к 96%.

Селекция риса ведется на совокупность многих признаков и свойств, которые определяют пригодность сорта для производства крупы высокого качества. Критерии качества пищевого риса можно свести в следующие группы:

1. Технологические качества: размеры и форма зерновки, масса 1000 зерен, трещиноватость, стекловидность, пленчатость, крупность и выравниваемость зерна, выход целого и дробленого ядра.

2. Биохимические показатели качества: содержание белка, крахмала, амилозы и др. веществ.

3. Физико-химические свойства крупы: реакция набухания, диапазон температур клейстеризации и т. д.

4. Кулинарные свойства крупы: водопоглотительная способность, привар, консистенция каши, вкус, аромат сваренного риса и т.д.

Перечисленные критерии применимы для сортов с обычным (неглиутинозным) типом эндосперма. Однако в странах древнего рисосеяния, где основная пища населения «клеякий рис», местные жители не обращают внимания ни на один из названных критериев, кроме вкуса и аромата.

### 8.1. Биохимические показатели качества зерна

Плод риса – зерновка, плотно охваченная цветковыми чешуями. Масса различных частей зерна распределяется следующим образом: перикарпий (плодовая оболочка) – 1–2%, алейроновый слой и семенная оболочка – 4–6%, зародыш – 2–3 и эндосперм 89–94%.

Сорта риса различаются по толщине алейронового слоя. При этом у сортов с более коротким зерном клеточных слоев обычно больше. Аналогичная картина наблюдается и у суходольных сортов.

При переработке цветковые чешуи удаляют и получают *шелушенный рис*, затем зерновку шлифуют для получения рисовой крупы (*шлифованный рис*).

*Шелушенный рис* представляет собой продукт, у которого полностью сохранены все оболочки, алейроновый слой и зародыш. В нем содержится 7,1–15,5% белка, 0,6–4,0% жира, 0,2–2,6% золы и до 90% крахмала. Белок нешлифованного риса, благодаря сбалансированному аминокислотному составу, выбран Всемирной организацией здравоохранения в

качестве стандарта для сравнительной оценки белка растительного происхождения.

*Шлифованный рис* несколько беднее белком (5,6–13,3%), жиром (0,2–2,7%), клетчаткой (0,1–1,3%), но богаче крахмалом (до 93,5%).

Рисовые отруби содержат 10–13,7% белка и до 14% жира. Богаты они витаминами (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР), ценными органическими соединениями (лецитин, фитин), содержащими фосфор. Отруби используют для извлечения масла (выход около 10%) и для откорма молодняка животных.

Белок риса в основном состоит из глютелиновой фракции, доля которой – 61,8–93,7%. Содержание альбуминов в зерне доходит до 4,8%, глобулинов – до 19, проламинов – до 10%.

Белковые фракции локализованы в различных частях зерновки. *Глютелины*, как правило, находятся в эндосперме, в шлифованной крупе содержание их является максимальным. *Альбумины* и *глобулины* концентрируются в алейроновом слое и верхней части эндосперма, поэтому при обработке рисовой крупы эти фракции отделяются вместе с мукой и попадают в отходы. *Проламины* равномерно распределены по всей зерновке (табл. 36).

Таблица 36

Распределение фракций белка при шлифовании риса, %

Фракции белка	Отруби + зародыш	Мучка	Шлифованный рис
Альбумин	51	9	40
Глобулин	40	4	56
Проламин	21	4	75
Глютелин	5	2	93

В селекции при отборе перспективных форм обращают внимание на глубину залегания белка в эндосперме зерновки. Об этом можно судить по его содержанию в шлифованном рисе. При равномерном или глубоком распределении белка в эндосперме, значительная его часть остается в крупе.

Белок риса по качеству приближается к белку животного происхождения. У шлифованного риса усвояемость его составляет 98%. Питательная ценность белка обусловлена достаточно высоким (до 3,9%) содержанием лизина. По данным ВНР содержание белка в зерне коллекционных образцов колеблется от 7,0 до 14,0%, а у сортов и форм подвиды японика – от 7,6 до 12,6%.

Высокое содержание белка в эндосперме зерновки контролируется рецессивным геном *hr*. При скрещивании образцов риса, различающихся по содержанию белка, в первом поколении наблюдается промежуточное наследование признака, что свидетельствует о неполном доминировании,

а во втором поколении встречаются растения как с высоким, так и низким содержанием белка.

Установлено, что различия в накоплении белка объясняются в основном сортовой специфичностью, влияние модифицирующих факторов не столь велико.

Крахмал содержится преимущественно в клетках эндосперма шелушенного риса и является главным компонентом шлифованного риса (до 90% сухой массы). Зерна рисового крахмала многоугольные и сложные, величиной от 2 до 10 мкм, в периферийных слоях эндосперма они мелкие (2-4 мкм), в центре — более крупные.

Среди зерновых культур рис отличается самым высоким содержанием крахмала — 74-86%. Вкусовые качества его определяются в основном соотношением двух фракций крахмала — линейной (амилоза) и ветвистой (амилопектин). Чем выше содержание амилозы, тем больше воды поглощают крахмальные зерна при варке. Они увеличиваются в объеме и не разрушаются, благодаря высокой способности амилозы образовывать водородные связи.

Высокое содержание амилозы детерминировано доминантным геном *Ае*. Наследование происходит по типу полного доминирования или сверхдоминирования. Наблюдается определенная дифференциация отечественных сортов по содержанию амилозы: в крахмале длиннозерных сортов она составляет 23-27%, а у короткозерных и среднезерных — 15-21%. При отборе перспективных форм предпочтение следует отдавать образцам с содержанием амилозы 20,0-23,0%, что гарантирует более высокие кулинарные качества крупы.

Крахмал «клеякого» риса с восковидным эндоспермом содержит от 0,8 до 1,3% амилозы, остальная часть приходится на амилопектин. В России для детского и диетического питания создан первый глютинозный сорт Виола, крахмал которого содержит не более 1,5% амилозы. Образование восковидного (глютинозного) эндосперма объясняется присутствием в генотипе трех рецессивных аллелей гена *вх*.

У сортов риса установлены отрицательные корреляции между содержанием белка и крахмала ( $r = -0,56-0,77$ ), урожайностью и содержанием белка ( $r = -0,027-0,61$ ), а также между содержанием крахмала в зерне и амилозы в крахмале ( $r = -0,21-0,75$ ). Содержание белка и амилозы находится в обратной зависимости ( $r = 0,56$ ).

Гемцеллюлоза риса относится к типу арабиноксиланов (пентозанов), при этом отруби, мучка и зародыш содержат больше гемцеллюлозы, чем шлифованный рис. Пентозанов в шелушенном рисе 1,42-2,08%, в шлифованном — 0,61-1,09%, в отрубях — 8,59-10,9% и в мучке — 3,15-6,01%. Зародыш содержит 4,8-7,4% пентозанов.

Клетчатка. Отдельные фракции шелушенного риса содержат следующее количество клетчатки: отруби — 62%, зародыш — 4%, мучка — 7%, шлифованный рис — 27%. Высокое содержание клетчатки в отрубях

обусловлено значительной толщиной перикарпия, семенной оболочки и алейронового слоя.

**Свободные сахара и фитин.** Основную массу сахаров в зародыше и эндосперме риса составляет сахараза вместе с небольшим количеством раффинозы, глюкозы и фруктозы. Шелушенный рис содержит 0,83–1,36% общих сахаров, шлифованный рис – 0,37–0,53%.

Фитин – важный компонент наружных слоев зерна хлебных злаков. Фосфор фитина составляет не менее 80% содержания фосфора в шелушенном рисе и 40% фосфора – в шлифованном. Около 90% фосфора рисовых отрубей составляет фосфор фитина.

**Пигменты** представлены в основном антоцианами, которые присутствуют в перикарpie и эндосперме зерновки темноокрашенных сортов риса. В Государственный реестр селекционных достижений включено два таких сорта: Мавр (подвид японика) и Гагат (подвид индика), у которых к моменту полного созревания перикарп и эндосперм приобретают черно-фиолетовую окраску. Установлено, что черный рис полезен людям с большим сердцем, а также с повышенным риском раковых заболеваний. Это обусловлено высоким содержанием антоцианов (класса антиоксидантов). Кроме этого, в зерне темноокрашенных сортов присутствует оризано́л, который снижает концентрацию холестерина в крови.

**Липиды.** Около 80% липидов шелушенного риса содержится в отрубях и мучке, около трети липидов приходится на зародыш.

Рисовое масло содержит сильные окислители: оризано́л (0,96–2,89%) и токоферолы, которые обладают свойствами витамина Е. Присутствует также воск в количестве 3–9%. Главными жирными кислотами шелушенного риса и его фракций являются олеиновая (40–43%), линолевая (25–34%) и пальмитиновая (20–27%) кислоты.

В состав шелушенного и шлифованного риса входит ряд кислот с относительно низкой молекулярной массой (уксусная, яблочная, лимонная, кислота ароматического ряда и др.), которые могут влиять на вкус и аромат сваренного риса.

**Витамины.** Шелушенный рис содержит больше витаминов, чем шлифованный. Большая часть этих витаминов находится в алейроновом слое (отруби и мучка) и в зародыше (табл. 37).

Таблица 37

**Содержание витаминов в крупе и побочных продуктах переработки риса, %**

Витамины	Отруби + зародыш	Мучка	Шлифованный рис
Тиамин (В <sub>1</sub> )	65	13	22
Рибофлавин (В <sub>2</sub> )	39	8	53
Ниацин (РР)	54	13	33

**Минеральный состав** риса сильно варьирует вследствие различного состава почв, на которых он выращивается. Зола распределяется следующим образом: отруби – 51%, зародыш – 10%, мучка – 11%, шлифованный рис – 28%. При этом шлифованный рис содержит натрия 63% и кальция 74% от содержания их в шелушенном рисе. Значительная часть рисовой золы составляет фосфор. В большом количестве в шелушенном и в шлифованном рисе содержатся магний и калий, присутствуют также кальций, хлор, кремний, натрий и железо.

## 8.2. Физические и технологические показатели

**Форма и размеры зерновки** имеют немаловажное значение для производства крупы и ее реализации.

В России в основном возделываются округлозерные сорта с индексом зерна (отношение длины зерновки к ее ширине) 1,6–2,0. Как правило, они более урожайные и скороспелые. Это сорта Благодарный, Раздольный, Контакт и др.

На мировом рынке больше ценится крупа из длиннозерных сортов с индексом зерна не менее 3. Во ВНИИ риса созданы сорта Изумруд, Серпантин, Фонтан, Ханкайский 52, Снежинка, имеющие индекс зерна 2,8–3,4.

Технологи выделяют и среднезерные сорта с индексом зерна 2,1–2,9. К ним относятся сорта Курчанка, Павловский и др.

Генетическими исследованиями установлено, что за длину зерновки могут отвечать от 1 до 3 генов. Зерновки сортов индийского подвида с геном *Ik* имеют длину 10 и более мм. При этом среднезерность доминирует над короткозерностью и длиннозерностью. Селекция на длину зерновки будет результативной лишь в случае удачного подбора родительских пар.

Согласно методическим указаниям, длину и ширину зерновки измеряют у 20 зерен, отобранных без выбора из навески, после определения пленчатости.

**Пленчатость** – это процентное содержание цветковых пленок по отношению к массе навески 10 г. Отделение пленок проводят обычно с помощью лабораторного шелушителя «Сатаки». Шелушение мучнистого зерна следует производить при более мягком режиме. Величина зазора между вальками составляет обычно от 0,5 до 1 мм.

С пленчатостью зерна связан такой признак, как опущение цветковых чешуй, поэтому селекционеры при отборе отдают предпочтение формам со слабоопущенными или гладкими цветковыми чешуями, имеющим в генотипе рецессивный ген *Ik*. Согласно модели сорта, оптимум по этому показателю для новых сортов – 14–16%. Между пленчатостью и выходом крупы отмечена отрицательная корреляция ( $r = -0,36 \dots -0,61$ ).

**Масса 1000 зерен** – полигенный признак. У большинства возделываемых сортов этот показатель находится в пределах 26–30 г. При отборе

из гибридных популяций можно отобрать формы с массой 1000 зерен от 26 до 35 г.

**Крупность зерна** характеризуется отверстиями двух смежных сит, на которых при сортировании (рассев КРЛ) осталось наибольшее количество зерен. Её выражают в миллиметрах двумя числами, на первом месте – размер сита, сходом с которого получена наибольшая фракция. Навеска для анализа составляет 100 г, сортирование проводят в течение 5 минут.

**Выравненность** вычисляют в процентах как сумму двух наибольших смежных фракций по отношению к массе навески, взятой для анализа.

**Форма и цвет зерна** оценивают визуально, с использованием эталонов. Образец, содержащий более 10% зерен другого типа, оценке качества не подлежит.

**Стекловидность зерна** определяют по характеру поперечного среза у 100 зерен, отобранных из навески после определения пленчатости. Стекловидность зерна влияет на выход крупы, коэффициент корреляции между этими показателями колеблется от 0,43 до 0,76. Полностью стекловидные зерновки при варке не образуют клейкой массы. Этим объясняются их высокие кулинарные достоинства.

У сортов отечественной селекции часто наблюдается снижение стекловидности при увеличении крупности зерна, что связано с появлением в эндосперме мучнистых пятен. Это совсем не характерно для зерна сортов подвита шидика.

Сравнительно недавно японскими исследователями при просмотре зерна линий-мутантов сорта Норин 8 выделен новый тип эндосперма, полученный путем обработки  $P^{32}$ , который был назван «dull». В сухом состоянии он прозрачен, при обработке раствором йодистого калия приобретает голубовато-пурпурный цвет. Новый тип эндосперма может стать генетическим источником вкусовых качеств рисовой крупы.

**Трещиноватость** – процентное содержание в образце ядер с одной или более трещинами в эндосперме, проникающими на разную глубину. Этот показатель возрастает под влиянием неблагоприятных условий уборки, сушки и хранения зерна.

По данным ВНИИ риса, при уборке в оптимальные сроки этот показатель у различных сортов варьирует от 1,0 до 41%. Стабильно низкая трещиноватость (1,1–3,6%) была отмечена у сортов Метелица, Изумруд, Снежинка, Курчанка, Рапан и др. Повышенная прочность эндосперма часто сочетается с высоким содержанием белка ( $r = -0,42$ ) и повышенной пленчатостью ( $r = -0,13-0,56$ ). Этот показатель очень нестабилен, поэтому отбор по данному признаку затруднен.

**Выход крупы** – это основной количественный признак, который характеризует технологические качества любого сорта или образца. Процесс лабораторной переработки зерна на крупу складывается из двух основных этапов.

На первом этапе происходит шелушение или удаление цветковых пленок, причем допускается не более трех нешелушенных зерен на 100 г зерна.

На втором этапе идет процесс шлифования, или снятия плотной прилегающей к эндосперму более тонких плодовых и семенных оболочек, а также большей части зародыша и некоторой части алейронового слоя. Обычно более легко отделяется зародыш у сортов, имеющих удлиненную зерновку. Удаление зародышей у 80% ядер свидетельствует о достаточной степени шлифования. Следует отметить, что шлифованный рис имеет хороший товарный вид и лучше хранится.

Кроме шлифованного риса из высокостекловидных сортов вырабатывают *полированный рис*.

Оценка товарных качеств крупы предусматривает определение цвета и содержания целого и дробного ядра, поскольку в процессе переработки кроме целых ядер образуются и колотые ядра (размером менее 2/3 от нормального), а также кормовая мука, образующаяся при шлифовании зерна. Цвет крупы определяют при дневном рассеянном свете в сравнении с сортом-эталонном.

Процентное содержание целого и дробного ядра определяют в навеске шлифованного риса массой 5 г. Выход крупы и содержание в ней дробленного ядра зависят от легкости шелушения зерна, стекловидности, трещиноватости, пленчатости и перетяжки (зарубки) на ядре. Последняя вызывается несбалансированным развитием цветковых чешуй и самой зерновки.

Зарубка образуется на вентральной (брюшной) стороне зерновки из-за более быстрого роста ее дорсальной (спинной) части. Благоприятствует этому температура 15–20°C. По мнению китайских исследователей, зарубка препятствует увеличению массы зерновки селекционным путем. Установлена очень тесная связь между количеством зерен с зарубкой и средней температурой в течение 15 дней после оплодотворения ( $r = 0,9$ ).

Как правило, выход крупы у округлозерных сортов риса составляет 70–72%, а у длиннозерных – 67–69%, при этом выход целого ядра – 85 и 80% соответственно.

Ведущая роль в формировании качества зерна принадлежит сорту. Проблема сочетания скороспелости и высокого качества зерна может быть решена путем вовлечения в селекционный процесс сортов, обеспечивающих высокий выход целого ядра в крупе. Это сорта Серпантин, Изумруд, Фонтан и др.

### 8.3. Физико-химические свойства крупы

Существует определенная зависимость между некоторыми физико-химическими свойствами эндосперма ядра и кулинарными свойствами крупы. Например, рассыпчатость риса зависит от соотношения амилозы

и амилоектина в крахмале; время варки связано со степенью набухаемости. Более достоверная информация относительно названных свойств может быть получена путем определения йодно-голубого числа риса, показателя клейстеризации на амилографе Брабендера, набухаемости риса и т. д.

#### 8.4. Кулинарные достоинства крупы

Оценка свежесваренной каши проводится органолептически по запаху, цвету, структуре и вкусу. Учитывают также продолжительность варки и коэффициент разваримости (увеличение первоначального объема). Крупу варят на пару, это исключает пригорание или разжижение. Обычно используют электроводяную баню типа ПОР-1 или ПКО-1.

Варка риса отличается некоторой особенностью. Навеску риса (50 г) помещают в цилиндр с 90 см<sup>3</sup> кипящей воды. За 10 минут до окончания варки доливают остальные 10 см<sup>3</sup>, но холодной воды, это придает каше большую рассыпчатость.

Коэффициент разваримости крупы ( $K_r$ ) вычисляют по формуле

$$K_r = \frac{V_{\text{каши}}}{V_{\text{крупы}}}$$

Приготовленный для варки образец погружают в мерный цилиндр, куда предварительно налито 100 см<sup>3</sup> воды. По разности уровней воды до и после погружения крупы определяют её объём до варки.

Объём каши измеряют непосредственно в цилиндре, где она варилась. Для этого небольшой металлической линейкой измеряют высоту от края цилиндра до поверхности каши. Разница в объёмах цилиндра и верхней незаполненной части соответствует объёму каши. По сортам коэффициент разваримости изменяется в пределах: 4,3–5,2.

Цвет каши оценивают органолептически по 5-бальной шкале:

1 балл – серый, рис в пищу непригодный;

2 балла – кремовый с серым оттенком;

3 балла – кремовый;

4 балла – светло-кремовый;

5 баллов – белый или белый с кремовым оттенком.

Консистенцию определяют на основании внешнего осмотра и дегустации. Она может быть рассыпчатая или полурассыпчатая. Вкус каши оценивают путем дегустации. Высший балл (5) дают образцу, имеющему ярко выраженный вкус и аромат.

Технологические и кулинарные свойства в значительной степени определяются содержанием белка и амилозы. Установлено, что длиннозерные сорта характеризуются более высоким содержанием амилозы в крахмале и более высокой водопоглощательной способностью. Напротив,

## Вопросы к главе 8

1. Чем обусловлена более высокая питательная ценность шелушенного риса?
2. Как влияет качество крахмала на кулинарные достоинства крупы риса?
3. Какие сорта риса более пригодны для детского питания?
4. Какие гены отвечают за восковидный эндосперм риса?
5. Назовите физические показатели зерна, которые учитываются в селекции.
6. Опишите технологические показатели зерна, учитываемые при создании новых сортов риса.
7. От каких показателей качества зависит выход крупы риса?
8. Какие показатели характеризуют кулинарные достоинства крупы риса?
9. Какова цель применения технологии переработки зерна риса с парбойлингом?
10. Перечислите основные показатели качества зерна наиболее ценных сортов риса.
11. Назовите основные селекционные учреждения, ведущие селекцию риса.

Горох – основная зернобобовая культура нашей страны. Используется разнообразно, но в первую очередь – это высокобелковая продовольственная и зернофуражная культура. Он один из главных источников растительного (пищевого и кормового) белка, содержание которого в зерне гороха составляет в среднем 20–27%. При этом его белок содержит в достаточном количестве все 8 незаменимых аминокислот, а содержание лизина в 1,5–2 раза больше, чем в белке зерновых. По коэффициенту переваримости белок гороха близок к белку куриного яйца и молока.

Зрелые семена (зерно) как основная продукция сортов гороха зернового продовольственного использования должны отличаться привлекательным внешним видом, высокими товарными и кулинарными качествами, большим содержанием белка со сбалансированным аминокислотным составом.

В настоящее время на нужды животноводства расходуется примерно 28 млн т зерна, где доля зернобобовых составляет всего 5% вместо 15–20. Дефицит белка в кормах составляет 20–30 г/корм. ед., в результате перерасход кормов на производство единицы животноводческой продукции достигает 300–400% и более.

В использовании гороха как полевой культуры различают три основных направления: продовольственное, зернофуражное и укосное. В соответствии с этим выделяют и три направления селекции.

### 9.1. Строение и химический состав семян

Плод гороха – боб – состоит из двух створок, по строению которых различают луцильные и сахарные формы гороха. У первых створки боба имеют пергаментный слой и при созревании легко растрескиваются, у вторых пергаментного слоя нет, и семена плохо обмолачиваются.

Семя гороха состоит из зародыша (собственно зародыша и двух семядолей) и семенной кожуры. На семени хорошо заметен рубчик – след от семяножки, с помощью которой семя прикреплялось к стенке завязи материнского растения. Созданы сорта с семенами, у которых семяножка сростается с семенной кожурой, и на месте рубчика у таких семян находятя остатки семяножки. Такие сорта отличаются повышенной устойчивостью к осыпанию.

Семена гороха в зависимости от сорта и условий выращивания содержат (в % на сухое вещество): 9–15 воды, 18–35 белка, 46–60 безазотистых экстрактивных веществ (в том числе 20–50 крахмала, 4–10 сахаров), 0,6–1,5 жира, 2–10 клетчатки, 2–4 золы.

**Белки.** В большинстве почвенно-климатических зон страны семена гороха содержат 22–26% белка, в среднем 24,3%. Приведенные цифры показывают, что в селекции гороха пока еще не использованы все потенциальные возможности, имеющиеся в естественном разнообразии этой культуры. Как известно, качество белка определяется количеством и соотношением фракций, извлекаемых водой, раствором поваренной соли, щелочи и спирта. Наличие повышенного содержания водо- и солензвлекаемых фракций характеризует его легкую усвояемость для человека и животных.

В семенах гороха на долю альбуминов (легумелинов) приходится 5–15% от общего содержания белка, глобулинов (легуминов и вицелинов) – 60–80%, глотелинов – 10–20%, а проламины отсутствуют. В семенах гороха, кроме белка, имеются и другие азотистые соединения: свободные аминокислоты, их амиды, нуклеиновые кислоты, пептиды, азотистые основания, минеральный азот (всего 2–8%).

Биологическая ценность белка определяется также сбалансированностью аминокислотного состава. Горох содержит все незаменимые аминокислоты. В белке семян различных сортов содержится (в % на сухой обеззоленный белок): тирозина 2,3–3,3; цистина 0,73–1,1; аспарагиновой + глутаминовой кислот 26–59; лизина 3,7–6; гистидина 2–2,6; аргинина 9,3–12,6; метионина 1,4–1,9; триптофана 0,99–1,3. Установлено, что биологическую ценность белка зерновых бобовых культур лимитирует обычно содержание метионина и триптофана. Горох по содержанию метионина превосходит люпин, чечевицу, бобы, но уступает фасоли и сое.

Основная задача селекции гороха на биохимический состав белка заключается в повышении его суммарного количества, процента водорастворимой фракции и улучшении его аминокислотного состава. Аминокислотный комплекс должен улучшаться прежде всего за счет повышения доли метионина и триптофана. Содержание лизина в белках гороха достаточно высокое, но селекция на повышенное содержание лизина также целесообразна.

Успешную селекцию на высокое содержание белка у гороха затрудняют полигенный характер наследования признака белковости и значительная модификационная изменчивость. Ряд исследователей отмечают высокую изменчивость содержания белка у сортов в разных почвенно-климатических зонах и значительную внутрисортную изменчивость между растениями и даже в пределах одного растения.

Исследования, проведенные Г. А. Дебелым, показали, что генетически обусловленная изменчивость признака белковости у бобовых культур может быть выявлена только у семян в пределах боба. При переходе к отдельным бобам и растениям увеличивается действие модифицирующих факторов. Отдельные семена чистопородного сорта Московский 73 по содержанию белка отличались друг от друга в пределах одного растения на 3,76–4,53%, а у гибридной популяции – на 7,58–7,98%. При селекции

на повышенную белковость рекомендуется на первых этапах селекции определять содержание белка у растений  $F_1$  в пределах каждого боба. При наличии 20–30 растений  $F_1$  получают 400–600 семян, и химический анализ каждого семени с сохранением его всхожести позволит уже на первых этапах селекционного процесса выделить трансгрессивные по белковости формы.

Некоторые белки гороха, как и других бобовых, обладают нежелательной биологической активностью вследствие присутствия ингибиторов пищеварительных ферментов животного организма трипсина и хемотрипсина. Ингибиторы усиливают дефицит серосодержащих аминокислот и вызывают гипертрофию поджелудочной железы, снижают переваримость и усвояемость белков и питательную ценность семян.

Селекция на снижение их содержания практически не велась, но в последние годы разрабатывают методы их определения и проводится оценка сортов и селекционного материала по их содержанию. При изучении сравнительно большого набора сортов зернового и кормового направления было установлено изменение содержания ингибитора трипсина от 1,77 до 6,43 ед. ИЕ на 1 г воздушно-сухой массы; у известного сорта Рамонский 77 – 3,50 ед.

При определении активности ингибиторов спектрофотометрическими методами и выражении ее в мг связанного фермента в расчете на 1 г муки размах изменчивости трипсинингибирующей активности у разных сортов составил 0,7–5,2 мг/г, у основной массы сортов около 2 мг/г, а у сорта Степидский менее 1 мг/г. Установлено, что активность ингибитора трипсина не связана с содержанием белка в семенах.

Активность ингибитора хемотрипсина выше и была в среднем 3,6 мг/г с колебаниями от 1,4 до 7,0 мг/г.

Большой размах внутривидовой изменчивости активности ингибиторов у гороха открывает новые возможности увеличения его кормовой ценности, а именно подбор сортов с минимальной активностью и селекцию новых низкоингибиторных сортов.

Углеводы представлены в основном крахмалом (20–50%) и сахарами (4–10%). Имеется также гемицеллюлоза, клетчатка, пектиновые вещества, пентозы. Содержание углеводов обуславливает вкусовые качества семян, поэтому они особенно важны для сортов овощного направления. Мозговые семена характеризуются наименьшим содержанием крахмала. Среди сортов с округлыми гладкими семенами наиболее низкое содержание крахмала у высокобелковых образцов, что подтверждает наличие обратной связи между накоплением белка и крахмала.

Качество крахмала определяется соотношением его компонентов: амилозы и амилопектина. У округлосемянных форм гороха основную часть крахмала семени составляет амилопектин, но содержанию амилозы существенных различий не наблюдается (37,6–41,6%). У сортов с мозговыми семенами преобладает амилоза – 69,2%.

В семенах гороха содержание жира невысокое (в среднем 1,2%), и сосредоточен он главным образом в зародыше. Зола семян состоит почти на 80% из фосфора и калия, остальная часть приходится на марганец, медь, молибден, бор, йод, кобальт, цинк и другие элементы. В семенах гороха довольно значительное содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР; ниже по сравнению с другими бобовыми уровень витамина Е.

## 9.2. Физические и технологические показатели качества зерна

К сортам продовольственного использования предъявляются очень строгие требования в отношении товарных качеств, которые определяются разумной крупностью семян (в производственных условиях семена гороха часто называют зерном), их формой, окраской и выравненностью. Предпочтительны сорта с шаровидными семенами, высокой (80–96%) выравненностью их. Немаловажное значение для промышленной переработки имеют и технологические качества семян: выход крупы, лушеного и дробленого продукта. Окраска семян должна быть однотонной. При этом предпочтение отдается розовато-желтой окраске. Однако в районах с коротким безморозным периодом и недостатком тепла для улучшения товарного вида продукции целесообразно возделывать зеленозерные сорта, так как здесь урожай желтозерных сортов часто приходится убирать с прозеленью.

Существенное значение при селекции сортов продовольственного использования имеют и кулинарные достоинства семян, время и равномерность варки, вкус, запах и консистенция каши, привар.

Очень важно вести селекцию на биохимический состав семян. Задача ее заключается в повышении суммарного количества белка, процента водорастворимой фракции и улучшении его аминокислотного состава. В белке гороха имеются все незаменимые аминокислоты, однако его биологическая ценность невысока из-за пониженного содержания метионина и триптофана. Решение этой задачи довольно сложно, но реально.

Нужно вести селекцию сортов, не содержащих соединений типа белков-ингибиторов пищеварительного тракта (трипсин, химотрипсин, лектины). Парализуя активность пищеварительных ферментов, они снижают усвояемость белка.

Требования к качеству зерна зернофуражного использования менее жесткие. Такие сорта могут иметь семена любой крупности, хотя предпочтительны мелкосеменные, так как это позволит расходовать меньше посевного материала. Окраска, форма, кулинарные достоинства семян не имеют значения. Что касается содержания белка и его аминокислотного состава, то задачи здесь такие же, как и при создании сортов продовольственного гороха.

Значительную часть гороха перерабатывают в крупу – более ценный продукт для использования в пищу, чем необработанный горох. При вы-

работке крупы удаляют семенные оболочки, и полученную продук (целый и колотый горох) обрабатывают для придания ей полированной гладкой поверхности. Для промышленной переработки зерна определенное значение имеют технологические качества: выход крупы, лущенность дробленого продукта.

Селекция укосно-кормовых сортов пока находится в начальном периоде. Наряду с общими требованиями, предъявляемыми к сортам здесь важны быстрый темп накопления большой вегетативной массы, содержащей 18-22% белка, сбалансированность по составу аминокислот и витаминов, высокая облиственность, низкий процент клетчатки, семяность. Поскольку эти сорта часто выращивают в смеси с другими культурами (овес, подсолнечник и т. д.), важно, чтобы фазы их развития совпадали с соответствующими фазами развития данных культур.

**Крупность и выравненность.** Крупность выражается количеством семян на 1000 семян и их размерами, получаемыми при сортировании через сита. Крупность семян является сортовым признаком, так как, несмотря на значительную изменчивость этого показателя в зависимости от почвенно-климатических условий, сортовые особенности сохраняются по поколениям. Размер семян – это один из важнейших показателей, тесно связанных с технологическими свойствами и массой 1000 семян (табл. 39).

Табл.

Масса 1000 семян сортов гороха, г (по П. И. Шумилину)

Сорт	Среднее по сорту	По фракциям крупности		
		7 мм	6 мм	5 мм
Черниговский 190	236,8	273,7	196,7	106,4
Уладовский 303	231,0	231,0	272,4	128,2
Ульяновский 68	216,8	253,5	190,7	113,5
Орлик 4	244,6	275,1	206,1	131,1
Сокол	216,6	272,1	205,8	128,2
Орлик 1	174,6	260,0	185,4	127,5

По крупности у гороха различают мелкие семена – масса 1000 семян менее 150 г, диаметр 3,5–5 мм; средние – масса 1000 семян 150–200 г, диаметр 5–7 мм; крупные – масса 1000 семян более 250 г, диаметр более 7 мм.

Выравненность семян определяется процентным соотношением массы основной фракции (4–6, 6–7, 7–8 мм) к общей массе образца. Для переработки более ценны сорта, обладающие большей выравненностью семян – 80–96%.

Сведений о наследовании крупности семян у гороха не очень много. В ряде случаев при скрещивании крупносемянных и мелкосемянных образцов отмечается промежуточное наследование в первом поколении.

большое разнообразие во втором. Предполагается, что признак крупносемянности обусловлен наличием нескольких генов (в ряде работ установлено 4–5 таких генов).

**Содержание и толщина семенных оболочек (кожуры).** Эти показатели являются основными факторами, лимитирующими пищевую ценность гороха в необработанном виде и выход продуктов при переработке его в крупу. У районированных сортов содержание семенных оболочек 6,9–8,2%. В зависимости от метеорологических условий года колебания этого показателя незначительны. Наиболее существенно влияет на его значение крупность семян. Крупнозерные сорта, как правило, обладают меньшим процентом семенных оболочек. Еще более четко эта зависимость прослеживается внутри сорта по разным фракциям (табл. 40). Толщина семенных оболочек также является сортовым признаком и связана с крупностью семян, среднее значение этого показателя колеблется от 78 до 84 мкм.

Таблица 40

Содержание семенных оболочек (%) сортов гороха  
(по П. И. Шумиллину)

Сорт	Среднее по сорту	По фракциям крупности		
		7 мм	6 мм	5 мм
Сокол	6,9	6,5	7,3	9,1
Черниговский 190	6,9	6,6	7,6	8,9
Уладовский 303	7,0	6,7	7,3	8,9
Ульяновский 68	8,2	7,8	8,6	10,0

Толщина семенных оболочек влияет на быстроту разваривания при обычном давлении. Семена с более толстой оболочкой отличаются большей продолжительностью разваривания. Установлено, что толщину семенной оболочки контролируют гены *Er-Er<sub>1</sub>-er*. Обычный тип оболочки семян отличается развитой гиподермой (ген *Er*), более тонкая оболочка обуславливается действием гена *Er<sub>1</sub>*, а наиболее тонкая – гомозиготной *erer*. В последнем случае гиподерма значительно редуцирована и, если биохимический состав семядолей не является препятствием, семена очень быстро развариваются. Такая тонкая семенная оболочка свойственна так называемым восковым, или оливковым, семенам.

При селекции на хорошую разваримость семенная оболочка не должна быть очень грубой и очень тонкой (во избежание растрескивания при дождливой погоде).

Содержание семенных оболочек у гороха рекомендуется определять на всех этапах селекционного процесса, а на стадии сортоиспытания – обязательно. Этот показатель можно определять методом замачивания навесок семян 5–10 г в кипящей воде в течение 2 ч с последующим снятием оболочек вручную, высушиванием и определением их процентного

содержания от исходной массы семян. Можно использовать лабораторный ЛНЯ-2, позволяющий проводить массовый анализ с использованием малых навесок (5–60 г).

**Форма семян.** Семена гороха посевного имеют различную форму. Для сортов гороха зернового пищевого направления характерна округлая форма семян; бывают семена угловато-округлые, несколько овально-удлиненные, шаровидные, плоско-сдавленные параллельно рубчику, квадратно-сдавленные перпендикулярно рубчику (барабанчиком), неправильно сдавленные.

**Поверхность семян.** Поверхность семян может быть гладкой, со вдавлениями, морщинистая и прерывисто-морщинистая. В соответствии с этим семена называют гладкими, со вдавлениями, мозговыми и переходными к мозговым. У сортов зернового пищевого направления обычно гладкие семена. Если в период созревания гороха чередуются влажные и сухие условия, то у некоторых гладкосеменных форм может появляться поверхностная мелкоячеистая морщинистость, но она не задевает семядолей, ограничивается только семенной кожурой. Настоящая морщинистая поверхность мозговых семян распространяется и на семядоли.

Установлено, что гладкие семена содержат в семядолях более крупнозерный «картофельвидный» крахмал, а морщинистые семена – мелкозерный, с высоким содержанием амилозы. Морщинистость семян связана также с высоким содержанием сахаров в незрелых семенах и замедленными темпами полимеризации белков и углеводов.

Округлые семена с гладкой поверхностью характеризуются более быстрым развариванием, чем округло-угловатые со вдавлениями, а мозговые не развариваются даже после трехчасовой варки. Еще Менделем было установлено, что округлые семена с гладкой поверхностью доминируют над мозговыми с морщинистой поверхностью. Ген, вызывающий образование гладких округлых семян, обозначают *R*, а рецессивный ген мозговых семян – *r*. Семена с вдавлениями образуются под влиянием гена *L*, но только в присутствии доминантного гена *A* (основного гена антоциановой пигментации). Рецессивный ген вдавленности *di* проявляется у белоцветковых форм в присутствии рецессива *a*. Эффект этого рецессивного гена подавляется доминантом *A* и рецессивом *r*. Лампрехт выявил также рецессивный ген *mifo*, обуславливающий образование 20–30 неглубоких вдавли, равномерно распределенных по поверхности семян.

Плотность расположения семян в бобе влияет на форму семян, а следовательно, и на их разваримость. При взаимодействии двух доминантных генов *Pla* и *Qua* образуются округлые, почти шаровидные семена (следствие неплотного расположения семян в бобе). У растений, имеющих в генотипе сочетание одного доминантного гена, а другого рецессивного: *Pla qua* или *pla Qua*, семена овально-удлиненные. При наличии двойного рецессива *pla qua* развиваются квадратные или кубически

сдавленные семена вследствие очень плотного расположения семян в бобе.

Лампрехтом установлен ген *Mlu*, в рецессивном состоянии вызывающий уменьшение расстояния между семяножками, в результате чего семяпочки в завязи боба располагаются более тесно. Кроме того, установлен ряд других генов, влияющих на форму семян: *com* – ген, вызывающий значительную сдавленность семян с бобов; гены *sul* и *fov*, обуславливающие вдавленность поверхности семени у зародышевого корешка.

Основным критерием отбора семян при селекции на быструю разваримость может служить ровная поверхность семян округлой или шаровидной формы и зернистость излома семядолей.

Окраска семян белоцветковых форм посевного гороха зависит в значительной степени от цвета семядолей, просвечивающих через полупрозрачную, большей частью почти бесцветную семенную кожуру. Семядоли бывают желтые, оранжево-желтые, зеленые и темно-зеленые, реже желто-зеленые (двухцветные, когда желтые пятна перемежаются с зелеными).

Семена гороха зернового использования обычно имеют светло-желтую, желто-розовую, зеленую, редко оранжевую или темно-зеленую (изумрудно-оливковую) окраску. Овощные сорта характеризуются преимущественно сизо-зелеными семенами, а семена гороха кормового или сидерационного направления обычно окрашены (от однотонно бурой до пятнистой и темно-фиолетовой окраски).

Для зерновых сортов предпочтительной в большинстве зон считается розовато-желтая окраска семян. Зеленозерные сорта пользуются спросом не во всех зонах. Для улучшения товарного вида заготавливаемой продукции селекция и возделывание таких сортов целесообразны в районах с коротким вегетационным периодом и недостатком тепла, так как зерно желтозерных сортов в этих районах убирается с прозеленью.

Не установлено зависимости между окраской и продолжительностью варки семян до готовности, но в ряде работ отмечается, что большинство зеленозерных сортов имеет лучшие вкусовые достоинства по сравнению с желтозерными (сладковатый привкус).

### 9.3. Кулинарные качества

Характерной особенностью семян зернобобовых культур является их плохая разваримость. Поэтому при оценке сортов гороха продовольственного назначения на это свойство обращают особое внимание. Кулинарные качества гороха зависят не только от равномерности и скорости разваривания, но и от привара, или отношения массы разваренного гороха к исходной массе, а также от наличия специфического запаха и вкуса. Терпкий привкус является нежелательным.

Методы определения разваримости основаны на прямом или косвенном определении консистенции семян в процессе разваривания, являющейся важнейшим показателем готовности продукта. Для варки используют или определенное число семян, или навески.

На ранних этапах селекции используют метод Л. В. Соснина или его модификации, основанные на косвенном определении консистенции семян по разрыву семенной оболочки. Для варки 10 нормально вызревших семян помещают в специальные пробирки без дна с металлическими вкладышами и варят в сосуде с дистиллированной водой. Разварившимися считают такие семена, у которых лопнула семенная оболочка. Семена, у которых к моменту окончания варки (через 3 ч) семенная оболочка осталась целой, считаются условно неразварившимися.

Однако ряд исследований показал, что в отдельных случаях, когда оболочка лопнула, семядоли еще твердые и непригодны к употреблению, и наоборот – семенная оболочка не лопается на протяжении всей варки, а семядоли по своей консистенции стали мягкими, хорошо разварившимися. Поэтому, используя в качестве критерия полной готовности зерен момент образования трещины, не всегда возможно получить истинное представление об их разваримости и достаточно достоверно оценить сорт. Разработан прибор для определения консистенции зерна при варке по прохождению металлической специальной иглы.

Низкая точность этого метода обусловлена значительной неоднородностью семян, которая зависит от случайного сочетания отобранных в пробу зерен. При оценке селекционного материала следует брать для сравнения семена с одинаковых бобов у всех изучаемых растений.

При оценке сортов в конкурсном и Государственном сортоиспытании применяется метод прямого определения консистенции зерна путем органолептической оценки в процессе варки навески. По окончании варки оценка кулинарных достоинств образцов дается по комплексу показателей: продолжительности варки, коэффициенту разваримости (привару), т. е. отношению массы зерна до варки и после варки; равномерности разваривания, которая определяется по наличию зерен, распавшихся при варке и оставшихся твердыми (сумма их при равномерной разваримости не должна превышать 5%); вкусу, оцениваемому по 5-балльной системе, и цвету сваренного продукта. Основной недостаток этого метода – субъективизм при оценке готовности зерна. Кроме того, требуется относительно большое количество семян.

В работе П. М. Чекрыгина установлено, что при погружении семян гороха в кипяток у отдельных семян семенная оболочка начинает морщиться через 1–2 мин, а у других она остается без изменений по истечении 20 мин и более. Поскольку набухание семян начинается со сморщивания семенной оболочки, первые семена можно отнести к быстро набухающим, а последние – к труднонабухающим. При отборе по продолжительности набухания соответственно изменяется и продолжитель-

ность разваривания. Так, у сортов с быстро разваривающимися семенами по истечении 8 ч замачивания семенные оболочки сморщились у 90–93% семян, а у образцов с медленной разваримостью – только у 50–60%.

Одновременно установлено, что сорта с быстро разваривающимися семенами имеют и более высокую энергию прорастания. Таким образом, косвенным показателем разваримости семян при отборе могут служить быстрая набухаемость семян (сморщенные семенные оболочки) и высокая энергия прорастания. Такие формы имеют обычно и более высокое содержание белка.

Анализ коллекции сортов гороха в НИИЗБК показал, что сортообразцы резко различаются по своим кулинарным достоинствам и другим показателям качества. Продолжительность варки гороха варьировала от 1,5 до 3,5 ч и более, коэффициент разваримости (привар) – от 2,2 до 3,5; вкусовые качества – от плохих до отличных.

Разваримость является результатом взаимодействия ряда факторов, и связать ее с каким-либо одним признаком не представляется возможным. Высокобелковые и низкобелковые сорта могут иметь хорошую разваримость, среди крупнозерных и среди мелкозерных есть образцы с высокими кулинарными достоинствами семян. Следовательно, при целенаправленной селекции на указанные признаки возможно создание сортов, сочетающих все эти свойства.

При сравнительной оценке сортов и образцов в процессе селекции необходимо учитывать внутрисортную изменчивость семян гороха по разваримости, которая связана с неодновременным созреванием семян, характерным для этой культуры. Даже в полной спелости семена разных плодоносящих узлов характеризуются разными водопоглотельными свойствами и неодинаковой разваримостью. Недозревшие семена обладают повышенной гидрофильностью, плохими вкусовыми качествами и длительным процессом варки.

Кулинарные достоинства гороха претерпевают существенные изменения и в процессе хранения. Хранение семенного материала при постоянно повышенной температуре в условиях лаборатории (20–30°C) приводит к снижению растворимости белков и водопоглотельных свойств семян, к ухудшению их разваримости и вкусовых качеств. У разных сортов эти изменения происходят неодинаково, поэтому для сравнительной оценки желательно использовать свежесобранные семена или материал, хранившийся в одинаковых условиях в течение одного времени. Это позволяет объективно характеризовать образцы.

#### 9.4. Селекция на качество

Сравнительное изучение сортов гороха разных лет селекции в условиях юга Нечерноземной зоны России, проведенное в НИИЗБК показало, что за последние 60 лет повышение урожайности гороха связано главным

образом с внедрением более крупносемянных сортов (табл. 41, 42). Объем семян у старых низкоурожайных сортов типа Тордаг и Капитал составлял в среднем 0,084 см<sup>3</sup>, а у современных высокоурожайных сортов – 0,153 см<sup>3</sup>, т. е. почти в два раза выше.

Таблица 41

Урожайность и физические показатели семян разных сортов гороха  
(по Л. В. Амелину)

Сорта	Урожай семян, т/га	Содержание сы- рого протеина, %	Масса 1000 семян, г	Объем семян, см <sup>3</sup>	Плотность семян, г/см <sup>3</sup>
I. К-1691	1,3	27,1	75,5	0,057	1,57
Капитал	2,5	24,4	115,4	0,097	1,52
Тордаг	2,4	22,2	109,0	0,100	1,42
II. Красноуфимский 70	3,7	24,6	148,6	0,130	1,47
Ульяновский 68	3,8	22,4	187,7	0,147	1,47
III. Смарагд	4,2	23,3	236,8	0,177	1,57
Труженик	4,1	21,5	244,8	0,127	1,92
Стрелецкий 11	4,0	22,6	200,0	0,141	1,61

Примечание. I – сорта селекции 1920–1930-х годов; II – 1960–1970-х годов; III – 1980–1985-х годов.

Таблица 42

Схема оценки качества зерна гороха в процессе селекции  
(по П. И. Шумилину)

Этапы селекцион- ного процесса	Показатель		Количество зерна для анализа, г
	обязательный	факультативный	
Коллекционный питомник	Цвет и форма зерна, мас- са 1000 зерен, кулинар- ные достоинства, содер- жание белка в зерне	Крупность и вы- равниваемость (си- товой анализ), содержание се- менных оболочек (плечатость), крупяные качест- ва, аминокислот- ный состав белков в зерне	20–30

Этапы селекционного процесса	Показатель		Количество зерна для анализа, г
	обязательный	факультативный	
Селекционный питомник 1-го года	То же	Крупность и выравненность зерна (ситовой анализ), содержание семенных оболочек, аминокислотный состав белков	20-30
Селекционный питомник 2-го года	То же	То же	20-30
Контрольный питомник	То же	Крупность и выравненность зерна, содержание семенных оболочек, крупяные качества, аминокислотный состав белков	50
Конкурсное и экологическое сортоиспытания	Цвет и форма зерна, масса 1000 зерен, крупность и выравненность зерна (ситовой анализ), содержание семенных оболочек, крупяные качества, кулипарные достоинства зерна, содержание белка в зерне	Аминокислотный состав белков в зерне	200-500

Обычно более крупному зерну соответствует и большая масса ( $r = 0,97$ ), но у отдельных сортов эта связь не столь высока. Например, самый крупносемянный в опытах сорт Смарагд (объем семян  $0,177 \text{ см}^3$ ) имел массу 1000 семян 236,8 г, а сорт Труженик с менее крупными семенами (объем  $0,127 \text{ см}^3$ ) – 244,8 г. Это обусловлено различной плотностью семян, зависящей от их биологического состава.

Показатель плотности семян может быть использован при создании высокоурожайных мелко- и среднесемянных сортов.

И хотя дальнейшее повышение урожайности гороха за счет увеличения массы 1000 семян возможно (в мировом генофонде есть образцы с массой 1000 семян более 400 г, у некоторых зарубежных сортов – более 300 г), селекционеры считают нецелесообразным создавать слишком крупносемянные сорта, так как это связано с рядом негативных последствий, в частности, с повышением абортивности семян, повышением потребности в семенном материале, а также со снижением содержания бел-

ка в семенах. По результатам данной работы увеличение размеров семян у современных сортов в среднем в 1,8 раза привело к снижению их белковости на 1,9%. Кроме того, крупное зерно сильнее дробится при переработке, что отрицательно сказывается на выходе крупы.

Оптимальным считается повышение массы 1000 семян до 200–280 г.

Во Всероссийском центре по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур разработаны требования к семенам гороха для включения сортов в список наиболее ценных (табл. 43).

Таблица 43

**Основные требования к семенам гороха и крупе из него для включения в список наиболее ценных сортов (для лабораторной оценки)**

Показатель	Сорта	
	желтосемянные	зеленосемянные
Выравненность, %, не менее (определяется на ситах диаметром, мм не менее)	80	80
	6,5–7,0	6,5–6,0
Цвет семян до варки	Желто-розовый желтый	Зеленый, сизо-зеленый
Выход лущеного гороха, %, не менее	83	80
в т. ч. выход лущеного гороха с неразделенными семядолями, %, не менее	60	50
Время варки, мин, не более	160	160
Вкус семян после варки, балл, не ниже	4,5	4,5
Консистенция сваренных семян	Равномерная	
Содержание белка, %, не менее	24,0	

Высоким содержанием белка и хорошими вкусовыми качествами обладают сорта Московский 572, Чишминский ранний, Чишминский 210, Неосыпающийся 1 и др. В целом указанными свойствами отличаются формы западноевропейской эколого-географической группы. По повышенному содержанию одновременно метионина и триптофана из этой же группы выделяются образцы ВИР Кармазиновый (К-3960), К-4045 и сорт Уладовский 208.

### 9.5. Сорта гороха

**Рамонский 06.** Сорт создан во ВНИИСС методом гибридизации (VSB1/132/128 × Самарец). В Государственном реестре с 2011 г.

Бобы прямые или с очень легким изгибом. Семена шаровидные. Семядоли желтые. Рубчик светлый. Среднеспелый, вегетационный период 56–85 дней. Масса 1000 семян 193–267 г. Содержание белка в зерне 21,2–25,1.

**Неосыпающийся 1.** Создан на Ворошиловградской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции индивидуальным отбором из гибридной комбинации Рамонский 77 × Приекульский 349. Районирован в 1978 г. Первый в стране сорт неосыпающегося гороха.

Разновидность экадукум, подразновидность экадукум. Семена округлые или овальные, розовые или желто-розовые, рубчик с остатком семяножки, среднекрупные, масса 1000 зерен 185–263 г. Содержание белка 22,4–26,1%. Разваримость равномерная, пищевые качества от удовлетворительных до хороших.

**Орловчанин.** Создан в НИИЗБК индивидуальным отбором из гибридной популяции F<sub>2</sub> Смарагд × сел. образец В-34. В Государственном реестре с 1991 г.

Группа разновидностей сативум, подразновидность семинамум (неосыпающийся). Растения полукарликового типа. Семена овально-удлиненные, светло-желтые; рубчик белый, сросшийся с семяножкой. Семена крупные, масса 1000 зерен 200–293 г, содержание белка 19,0–26,0%; пищевые качества средние.

**Батрак.** Создан в НИИЗБК индивидуальным отбором из F<sub>3</sub> гибридной популяции Ус-87-022 × (Спрут 2 × Мутант П-1). В Государственном реестре с 1999 г.

Бобы 4–7-семянные, с пергаментным слоем. Семена яйцевидные, гладкие. Семядоли желтые. Рубчик закрыт остатком плодоножки. Среднеспелый, вегетационный период 59–88 дней. Зерно крупное, масса 1000 зерен 220–300 г, содержание белка 21,6–26,4%. Ценный по качеству сорт.

## Вопросы к главе 9

1. Назовите основные направления селекции гороха.
2. Как была решена проблема осыпаемости семян гороха?
3. Каковы особенности фракционного состава белков гороха?
4. Чем определяется биологическая ценность белков гороха?
5. Какие вещества снижают усвояемость белков гороха?
6. Как отличается качество крахмала у мозговых и зерновых сортов?
7. Какие физические и технологические показатели качества зерна учитываются при селекции гороха?
8. Перечислите основные требования к сортам гороха продовольственного, зернофуражного и укосного использования.
9. Опишите методы оценки разваримости гороха.
10. Назовите основные показатели качества зерна наиболее ценных сортов гороха.
11. Какие селекционные учреждения занимаются селекцией гороха?

Люпин является ценной зернобобовой кормовой культурой, круг применения которой достаточно широк. Люпин используют на зеленый корм и силос, для получения травяной муки и сенажа. Зерно и зеленая масса люпина содержат большое количество белка, который отличается сбалансированным аминокислотным составом и хорошей переваримостью.

Из многочисленных видов люпина, описанных в литературе, возделывают только три: белый (*L. albus*), желтый (*L. luteus*) и узколистный (*L. angustifolius*). Все они являются однолетними.

Создание безалкалоидных и малоалкалоидных сортов этих видов резко повысило их ценность и открыло большие возможности для широкого использования на корм скоту, а также в пищевой промышленности для обогащения белками пищевых продуктов. Люпин дает высокий выход белка при минимальных затратах и значительно повышает продуктивность пашни, оставляя после себя до 140 кг азота на 1 га.

### 10.1. Химический состав зерна люпина

Люпин – активный азотфиксатор. Благодаря развитию клубеньковых бактерий, люпин усваивает атмосферный молекулярный азот и использует его для образования белковых и других азотистых веществ.

По данным М. И. Смирнова, средний химический состав семян люпина представлен следующими значениями (в % сухого вещества):

белок.....	27,8–61,2
жир.....	3,7–21,5
безазотистые экстрактивные вещества.....	17,6–38,7
клетчатка.....	10,6–18,2
зола.....	2,9–4,2
алкалоиды.....	0,05–3,8

**Белок.** С урожая зерно и зеленой массы люпина можно получить от 1,5 до 2 т высококачественного растительного белка с гектара посевов. По данным различных авторов, люпин за вегетационный период усваивает до 200–250 кг атмосферного азота на 1 га, удовлетворяя свои потребности в нем на 70–80%.

Ценность культуры определяется, прежде всего, высоким содержанием белка. Содержание его в зерне желтого люпина составляет 38–46, узколистного – 29–33, белого – 29–38%. На накопление протеина в семенах значительное влияние оказывают почвенно-климатические факторы и технология возделывания.

Качественный состав белка у всех видов и сортов люпина одинаков. У них обнаружено 18 аминокислот. Имеются различия только по количественному составу. Основными компонентами запасных белков люпина, как и других бобовых культур, являются *вицилины* и *деулины*.

Высокое качество белка люпина определяется доминированием в нем соле- и водорастворимых фракций, которые составляют около 85%. Почти полное отсутствие ингибиторов трипсина (их у люпина в 100 раз меньше, чем у сои, и в 10 раз меньше, чем у гороха) позволяет использовать зерно люпина на корм животным без предварительной термообработки. Содержание переваримого протеина в 1 кормовой единице узколистного люпина очень высокое и составляет около 299 г, при этом у гороха посевного оно равно 169, а у гороха полевого – 206 г.

Исследования, проведенные во ВНИИ люпина, показали высокий эффект от использования зеленой массы, силоса и зерна желтого и узколистного люпина (безалкалоидные сорта) в кормлении различных видов животных. В птицеводстве использование муки из зерна этих видов позволяет полностью заменить дорогостоящий соевый или подсолнечный шрот и частично – мясокостную или рыбную муку.

Во многих странах мира белок люпина используется в пищу человеком. Разработана технология производства макаронных изделий из мягкой пшеницы и муки люпина, при этом повышается белковость и качество изделий. Люпиновая мука и белковая паста используются для производства кондитерских изделий.

**Крахмал** в семенах люпина присутствует в очень небольшом количестве.

**Запасные безазотистые вещества** представлены главным образом пентозанами, пектиновыми веществами и другими полисахаридами. В семенах узколистного люпина до 11% массы составляет тетрасахарид *люпооза*.

**Жиры**, входящие в состав семян люпина, относятся к группе невысыхающих или плохо высыхающих масел, так как они содержат довольно много глицеридов насыщенных жирных кислот, преимущественно пальмитиновой и стеариновой. В расчете на абсолютно сухое вещество содержание сырого жира у люпина узколистного составляет 3,57%.

**Минеральные вещества.** Зерно люпина по сравнению с другими бобовыми содержит больше кальция, фосфора и магния, имеются и микроэлементы (табл. 44).

**Клетчатка** в семенах люпина составляет около 11,9%. Это намного меньше, чем в семенах гороха.

**Алкалоиды люпина** – горькие на вкус и ядовитые для человека и животных вещества, которые могут накапливаться в значительном количестве в семенах и зеленой массе. Суммарное содержание их в семенах в зависимости от вида и сорта составляет от сотых долей процента до 4%, в

листьях – до 1,5% в пересчете на сухое вещество. Это препятствует использованию люпина в качестве корма и продуктов питания.

Таблица 44

Содержание химических элементов в семенах бобовых культур  
(по И. В. Рышкель)

Химические элементы	Культуры		
	Горох посевной	Люпин узколистный	Горох полевой
	% на воздушно-сухую массу		
P, O <sub>2</sub>	1,12	1,24	1,06
K <sub>2</sub> O	1,39	1,36	1,12
Ca	0,05	0,18	0,05
Mg	0,11	0,18	0,11
	мг/кг на воздушно-сухую массу		
Fe	54,2	38,7	56,05
Co	0,09	0,09	0,05
Zn	13,10	23,31	10,99
Cu	4,59	6,19	4,04

Алкалоиды представляют собой группу азотсодержащих органических гетероциклических веществ, имеющих щелочные свойства и обладающих токсическим или фармакологическим действием.

В растениях различных видов люпина в настоящее время найдены такие алкалоиды, как *люпинин*, *люпагин*, *спартеин*, *пахикарпин* (*люпинидин*), *гидроксилюпагин*, *анагирин*, *ангустифолин*, *термопсин*, *пузиллин*, *мопологионин* и др. Наиболее распространенными из них являются люпинин C<sub>10</sub>H<sub>15</sub>ON, люпагин C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>ON<sub>2</sub>, спартеин C<sub>15</sub>H<sub>26</sub>N и гидроксилюпагин C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>O<sub>2</sub>N<sub>2</sub>.

Все виды люпина имеют различную комбинацию алкалоидов. В семенах желтого люпина синтезируются в основном люпагин и спартеин, белого и узколистного – люпинин и гидроксилюпагин.

По своей химической природе алкалоиды люпина относятся к группе хинолизидиновых алкалоидов. Исследования по изучению влияния люпиновых алкалоидов на животный организм показали, что в незначительном количестве они невредны для человека и животных, большие же дозы вызывают заболевания (угнетенное состояние, паралич мускулатуры, обморок) и даже смерть. Действие разных алкалоидов не одинаково. Наиболее ядовит люпагин, токсические свойства люпинина и спартеина значительно слабее.

Соли алкалоидов менее токсичны. Являясь основаниями, алкалоиды образуют простые и комплексные соли, реагируя с кислотами, солями тяжелых металлов, комплексными йодидами и некоторыми другими веществами. Многие из этих солей труднорастворимы в воде и выделяются

в виде осадка. На свойствах солей алкалоидов основаны многие методы их определения.

### 10.2. Локализация и количественное содержание алкалоидов в различных органах и частях растений люпина

Алкалоиды присутствуют во всех органах растения люпина, однако их количество и качественный состав не одинаковы. Больше всего алкалоидов содержится в репродуктивных органах, прежде всего в семенах (табл. 45).

Таблица 45

Содержание алкалоидов (% на сухое вещество) в средней пробе отдельных органов разных видов люпина (по А. В. Мироенко)

Вид люпина	Семена	Листья	Стебли	Корни	Цветки
Узколистный	2,084	1,255	0,990	0,523	1,223
Белый	3,023	1,013	0,960	0,782	3,183
Многолетний	4,357	2,890	1,598	0,530	1,276
Изменчивый	4,310	0,866	0,500	0,696	2,024

Распределение алкалоидов по растению является весьма неравномерным. В листьях верхнего яруса и в более молодых частях стебля содержание алкалоидов значительно выше, чем в нижних, более старых частях растения. Если условно разделить растение на три яруса – верхний, средний и нижний, то количество алкалоидов в листьях верхнего яруса будет в 2–3 раза больше, чем в листьях нижнего. Максимальное количество в листьях накапливается к моменту цветения и затем постепенно уменьшается. Установлено, что изменяется не только содержание алкалоидов, изменяется их качественный состав, а также соотношение между отдельными компонентами, составляющими алкалоидный комплекс.

Накопление алкалоидов в семенах люпина зависит от местоположения их на растении. Как правило, в семенах главного стебля их всегда несколько больше, чем в семенах боковых побегов. По данным А. В. Мироенко, у люпина узколистного эти значения составили 2,53 и 1,56%; люпина желтого – 0,294 и 0,150%; люпина белого – 3,023 и 2,930%. Одна из основных причин этих различий – неодинаковая степень зрелости семян.

Отмечены значительные внутрисортные различия по содержанию алкалоидов. Процентное содержание алкалоидов у люпина узколистного колеблется от 0,1 до 2,8; у желтого – от 0,005 до 1,7; белого – от 0,001 до 3,5; у многолетнего – от 0,1 до 3,77%.

Сорта люпина по содержанию алкалоидов в сухой массе семян делят на три группы: алкалоидные (горькие) — не более 0,1%; малоалкалоидные — 0,025–0,1; безалкалоидные — менее 0,025%.

### 10.3. Методы определения содержания алкалоидов

До 1936 г. люпин использовался в основном как сидеральная культура. Идею о возможности существования в природе малоалкалоидных форм люпина высказывали Е. Бауэр, Д. Н. Прянишников и другие, но работы по выделению таких форм сдерживались из-за отсутствия методов быстрого определения содержания алкалоидов.

В 1927 г. Зенгбуш в Центральном институте генетики в Германии разработал такой метод и с его помощью проанализировал до 1,5 млн растений горького люпина, среди которых было найдено три практически безалкалоидных мутанта желтого люпина, два — узколистного и один — белого. Троль в Мюнхенберге обнаружил мутанта с белыми семенами у желтого люпина. Признак безалкалоидности оказался устойчивым, а полученный сладкий люпин не уступал по продуктивности горькому. Найденные растения дали начало первым широко известным мюнхенбергским сортам сладкого люпина.

В нашей стране создание безалкалоидных и малоалкалоидных кормовых форм люпина было начато в 1930-е годы на Новозыбковской и Московской сельскохозяйственных опытных станциях, а затем в ВИРе, на Полесской и Минской опытных станциях.

Наличие алкалоидов в люпине, иногда даже самое незначительное количество, можно обнаружить с помощью цветных реакций. В 1931 г. в ВИРе под руководством Н. Н. Иванова был разработан оригинальный метод определения алкалоидности семян с помощью слабого раствора йода в йодистом калии (реактив Бухарда), дающего с алкалоидами люпина красно-бурое окрашивание. В России для выделения малоалкалоидных и безалкалоидных форм люпина широко используется этот реактив. Использование этого метода позволило оценить большое количество образцов и ускорило создание отечественных сортов безалкалоидного люпина. Уже в 1936 г. кормовой люпин занимал площадь в 1400 га.

В настоящее время этот реактив также применяется в селекционно-семеноводческой работе для выбраковки алкалоидных растений. Этот метод прост и удобен в применении в лабораторных и полевых условиях. Метод раздавливания растительных объектов и окрашивания их йодным раствором Бухарда, разработанный в ВИРе, используется для браковки растений в поле. В этом случае часть зеленого листа раздавливают на фарфоровой пластинке или листе белой бумаги на стекле, наносят 1–2 капли реактива и по интенсивности красновато-бурой окраски судят об алкалоидности растения. При отсутствии алкалоидов выпадает соломенно-желтый осадок.

Метод отгисков отличается от метода раздавливания тем, что исследуемый свежий или намоченный материал раздавливают на узкой полоске фильтровальной бумаги, которую опускают на 1–2 с в реактив Бухарда, разведенный в соотношении 1:15 или 1:20.

Метод соляных вытяжек, разработанный Зенгбушем для нахождения безалкалоидных растений горького люпина, дает хорошие результаты при определении алкалоидности в зеленых частях растений, которые помещают в 3–5%-й раствор соляной кислоты, и затем окрашивают экстракт раствором йода или йодистого калия.

Метод предварительного кипячения в воде применяют для определения содержания алкалоидов в семенах. Семена люпина кипятят в течение 1,5–2,5 ч в воде, а затем помещают в раствор йодисто-калиевого реактива определенной концентрации; через несколько минут алкалоидные семена принимают коричнево-бурую окраску, безалкалоидные остаются светлыми или желтоватыми, серые семена теряют мраморность.

Метод замачивания заключается в том, что семена замачивают в холодной воде до полного набухания (15 ч и более); у набухших семян со стороны, противоположной рубчику, срезают 1/4 часть и помещают их в раствор йода в йодистом калии определенной концентрации. Через 5 мин семена промывают и просматривают. Алкалоидными считаются семена, у которых срез окрасился в явственно-коричневый цвет.

Метод экстрагирования алкалоидов применяют для более точного определения алкалоидности по отдельным семенам. В этом случае каждое семя помещают в отдельную пробирку и проводят экстракцию в горячей (2–3 ч) или холодной (20–24 ч) воде, после чего в каждую пробирку добавляют 1–2 капли йод-йодисто-калиевого реактива. В пробирке с алкалоидными семенами появляется характерный коричневый осадок.

Метод определения алкалоидности в сухих семенах (по Н. Н. Иванову и М. И. Иконниковой) нередко используют в селекционной практике, особенно на первых этапах селекционной работы. Он заключается в том, что у семян со стороны, противоположной рубчику, острым ланцетом или маленьким сверлом на стекле с белым фоном высверливают часть семядоли (без разрушения семени), и на полученную массу наносят 1–2 капли реактива Бухарда (йод в йодистом калии) определенной концентрации. Появление красно-бурого окрашивания от растворов разных концентраций позволяет выявить содержание алкалоидов от 0,025% и более. Преимущество этого метода, несмотря на его трудоемкость, заключается в том, что проанализированные таким образом семена можно использовать для посева.

В селекционной практике для браковки растений в полевых условиях широко применяется реактив Драгендорфа (раствор йодистого висмута в йодистом калии). При выдавливании капли сока листьев или стебля на фильтровальную бумагу, пропитанную этим реактивом, имеющиеся в соке алкалоиды обычно окрашиваются в яркий кирпично-красный цвет.

Кроме того, для выявления алкалоидов используется раствор йодной ртути и йодида калия (реактив Майера), фосфорно-молибденовая кислота, натрий фосфорно-молибденовый (реактив Зоннентштейна), кремневольфрамовая кислота (реактив Шейблера), двухлористая ртуть – сулема. Эти реактивы образуют с алкалоидами белый или желтоватый осадок.

В настоящее время существует также много методов количественного определения алкалоидов люпина. Одни из них основаны на реакциях осаждения алкалоидов в форме труднорастворимых солеобразных соединений, другие – на физических принципах: измерении мутности или интенсивности окраски алкалоидосодержащих реактивов, третьи – на учете щелочности алкалоидосодержащих растворов и т.д.

Принцип количественного определения содержания алкалоидов состоит в том, что алкалоиды, находящиеся в растении в виде солей органических кислот, под действием щелочей вытесняются из соединений и свободными в виде оснований извлекаются эфиром, хлороформом и другими органическими растворителями или их смесями. Количество выделенных алкалоидов в форме свободных оснований или их солей определяется весовым, титрометрическим, оптическим или другими способами.

#### 10.4. Селекция на безалкалоидность

В практике люпиносеяния довольно часто встречаются случаи, когда кормовые сорта через несколько лет возделывания имеют более высокое содержание алкалоидов по сравнению с первоначальным, и в посевах появляются алкалоидные растения. Причинами этого явления могут быть механическое засорение, эколого-физиологические и генетические факторы.

Установлено, что при скрещивании безалкалоидных растений с алкалоидными получается алкалоидное потомство  $F_1$ , т.е. признак алкалоидности у люпина является доминантным. В  $F_2$  происходит расщепление в соотношении 3:1. В ряде случаев при скрещивании двух безалкалоидных растений люпина в  $F_1$  могут возникать алкалоидные растения. Во втором поколении такие гибриды расщепляются в отношении 9:7.

Безалкалоидность у люпина – результат биохимической мутации, приводящей к утрате способности к синтезу алкалоидов. Селекционеры, создавая первые кормовые сорта, в качестве исходного материала использовали отдельные безалкалоидные и малоалкалоидные растения люпина, обнаруженные в алкалоидных популяциях, в которых безалкалоидные мутанты встречались очень редко. Биосинтез алкалоидов в растении протекает в несколько этапов, поэтому у различных безалкалоидных форм люпина могут быть ингибированы разные этапы синтеза алкалоидов. При скрещивании этих форм, различающихся по своей генетической природе, т.е. мутантов, у которых биосинтез алкалоидов нарушен в раз-

ных звеньях биосинтезирующей цепи, может появиться гибридное потомство, у которого синтез алкалоидов восстановлен полностью или частично за счет комплементарного взаимодействия.

Исследования, проведенные Н. В. Турбиным и В. С. Анохиной, показали, что все комбинации скрещивания разных форм и сортов люпина в отношении алкалоидности можно разделить на три группы.

1. Пары несовместимых родительских форм, дающие при скрещивании полностью алкалоидное потомство.
2. Пары родительских форм, дающие гибридное потомство, состоящее из алкалоидных и безалкалоидных растений или группы расщепляющихся комбинаций.
3. Пары совместимых родительских форм, дающие безалкалоидное потомство.

Таким образом, при одновременном возделывании нескольких генетически неоднородных кормовых сортов люпина на близком расстоянии возможно появление алкалоидных растений благодаря спонтанному пероопылению неаллельных мутантов, у которых нарушенный синтез алкалоидов может быть восстановлен.

При скрещивании некоторых родительских форм отмечен и противоположный эффект — дальнейшее ингибирование синтеза алкалоидов и уменьшение их количества в гибридном потомстве. Например, при скрещивании кормовых сортов желтого люпина Поморский × Боец, Вайко × Кормовой 3 у гибридов содержание алкалоидов оказалось меньше, чем у родителей.

А. Г. Кушова установила, что при скрещивании неаллельных мутантов кормового люпина возобновление биосинтеза алкалоидов происходит путем максимального восстановления более токсичного алкалоида люпанина, т.е. за счет снятия блока гена, контролирующего синтез люпанина или усиление его фенотипического эффекта при действии геномодификаторов. Максимальное содержание алкалоидов наблюдалось во втором поколении, но наиболее токсичными были растения первого поколения, так как в них содержалось больше люпанина.

У алкалоидных растений выявлена отрицательная зависимость между содержанием алкалоидов и свободных аминокислот (аргинин, лизин, глутаминовая и аспаргиновая кислоты). Предполагают, что они являются предшественниками в биологическом синтезе алкалоидов.

Алкалоидность является полигенным признаком. В настоящее время считают, что синтез алкалоидов у люпина узколистного контролирует не менее 6-ти, у желтого — 4-х, у белого — 8-ми генов. Присутствие в гомозиготном состоянии хотя бы одного из рецессивных генов приводит к пониженному содержанию алкалоидов или безалкалоидности.

Возделываемые сорта кормового люпина отличаются по рецессивным генам, поэтому при скрещивании или спонтанной гибридизации по-

томство может быть алкалоидным, если в генотипе будут сочетаться все пары доминантных генов даже в гетерозиготном состоянии.

В результате генетических исследований установлено, что признак алкалоидности люпина является сложным количественным признаком и находится под контролем не только генов, непосредственно определяющих биосинтез алкалоидов, но и генов-модификаторов, влияющих на этот процесс через метаболизм в организме растения люпина. Замечено также, что нормальные и мутантные гены, определяющие синтез алкалоидов, могут по-разному воздействовать на этот процесс: нарушать синтез алкалоидов; предотвращать образование предшественника; разрушать алкалоиды, образовавшиеся в растении.

Чтобы препятствовать возможному «превращению» кормового люпина в алкалоидный, следует проводить предварительный генетический анализ на «совместимость» при создании новых сортов, а в производстве в условиях одного хозяйства высевать не более одного сорта или сорта с одинаковым генотипом по генам алкалоидности.

#### **10.5. Контроль за алкалоидностью в селекционно-семеноводческой работе**

В селекции кормового люпина важнейшим требованием является создание безалкалоидных сортов (содержание алкалоидов не должно превышать 0,02%), сохраняющих низкую алкалоидность при соблюдении всех требований семеноводства в течение не менее 6–8 поколений.

Поскольку по характеру опыления культурные виды люпина отличаются друг от друга, селекционные кормовые сорта обладают разной степенью устойчивости к повышению в них содержания алкалоидов. Наиболее устойчиво сохраняют безалкалоидность сорта узколистного люпина, являющегося самоопыляющимся растением с очень низким процентом перекрестного опыления. Желтому люпину в большей степени свойственно перекрестное опыление (в отдельные годы до 40%), что создает определенные трудности в селекции безалкалоидных сортов. Белый люпин относится к самоопылителям, но со значительной склонностью к перекрестному опылению. Многолетний люпин – перекрестноопыляющееся растение, и пока еще не созданы кормовые сорта этого вида.

Содержание алкалоидов контролируют в течение всего селекционно-семеноводческого процесса. На первых этапах селекции для выбраковки алкалоидных растений в полевых условиях обычно применяют метод цветной реакции, т. е. выдавливают каплю сока листьев на фильтровальную бумагу, пропитанную реактивом Драгендорфа (раствором йодистого висмута в йодистом калии). При наличии алкалоидов бумага окрашивается в красно-бурый цвет. Анализ проводят в период цветения, причем берут для него молодые листья верхнего яруса, так как в это время в них накапливается максимальное количество алкалоидов.

Оценку и браковку по семенам проводят методом высверливания небольшой части семядолей из сухих семян (по методу Н. Н. Иванова и М. И. Иконниковой). Отобранные безалкалоидные семена можно использовать для посева.

В последующих питомниках и сортоиспытаниях применяют полевую оценку и браковку с использованием висмутовой бумаги, а алкалоидность семян определяют методом предварительного их кипячения.

В семеноводстве в питомнике испытания потомств 1-го года в период цветения в поле проверяют на алкалоидность все растения, в питомнике испытания 2-го года – определенное количество растений с каждой деланки. Все расценивающиеся по алкалоидности потомства выбраковывают. В питомниках размножения, на посевах суперэлиты и элиты, всех сортовых семенных посевах кормового люпина контроль за алкалоидностью осуществляют при проведении апробации.

В начале цветения проводят полевое обследование, во время которого на участке размером не более 100 га по диагонали через равные расстояния берут 50 проб по 5 растений в каждой (всего 250), подсчитывают число типичных растений и проверяют их на содержание алкалоидов с помощью висмутовой бумаги. Если алкалоидных растений больше 10%, то посев выбраковывают из числа семенных.

Для анализа семян на сортовую чистоту и алкалоидность отбирают две средние пробы семян и одну из них отправляют в Государственную семенную инспекцию для определения содержания алкалоидных семян (методом предварительного кипячения). Результаты анализа немедленно сообщают апробатору, который на основании данных по сортовой чистоте и наличию алкалоидных растений и семян устанавливает категорию сортового посева. Посев относят к той или другой категории по худшему показателю (табл. 46).

Таблица 46

Категории сортовых посевов люпина

Показатель	Категория		
	I	II	III
Сортовая чистота, %, не менее	99,5	99	95
Примесь алкалоидных семян, %, не более	0,5	2	3

При возделывании сортов желтого и белого люпина в хозяйствах должна соблюдаться пространственная изоляция (не менее 200 м). Между сортами узколистного люпина, а также между сортами этого и других видов пространственная изоляция не требуется, должны быть только разделительная дорога или полосы, чтобы не допускать механического засорения при посеве и уборке.

## 10.6. Сорты люпина

**Кастрычнік.** Люпин желтый. Создан в Белорусском НИИ земледелия скрещиванием сортов Афуз × Академический I с последующим индивидуально-семейным отбором на инфекционном фузариозном фоне. Районирован в 1988 г.

Семена почковидные, пестрые. Масса 1000 семян 120–150 г. Содержание протеина в семенах 42,3–46,5%, в сухом веществе зеленой массы – 16,9–18,3%. Максимальная урожайность семян была получена на Хойникском ГСУ Беларуси в 1984 г. – 33,3 ц/га; зеленой массы – на двух ГСУ Литвы – 527–959 ц/га (в 1984–1986 гг.)

**Мотив 369.** Люпин желтый. Создан коллективом авторов Белорусской СХА, НИИ ЗБК и Украинского НИИЗ методом внутривидовой гибридизации Цит × Академический I с последующим отбором на искусственном фоне. Относится к виду желтого люпина. Районирован в 1990 г.

Семена округло-почковидные, сглаженные, серые с темно-коричневыми пятнами, рубчик светлый. Масса 1000 семян 120–130 г. Содержание белка в семенах 43,2%, в сухом веществе зеленой массы – 20,2%; алкалоидов в семенах – 0,03%, в зеленой массе – 0,01%. По данным трех ГСУ Житомирской области, за 1987–1988 гг. урожайность сухого вещества составила 60,2–84,6 ц/га, семян – 11,8–20,1 ц/га.

**Резерв 884.** Люпин узколистный. Создан в Белорусской СХА и Российском НИИ ЗБК сложной гибридизацией (Белорусский 155 × Розовый 399) × Северный 3. Районирован в 1990 г.

Семена округло-почковидные, серо-мраморные. Масса 1000 семян 150–165 г. Содержание сырого протеина в абсолютно сухом веществе 18,6%, белка в семенах – 36,2%, алкалоидов в семенах – 0,05%, в зеленой массе – 0,04%. Максимальная урожайность сухого вещества – 118,9 ц/га – получена в 1988 г. на Рогачевском ГСУ, а максимальная урожайность семян – 34,4 ц/га – в 1987 г. на Волковысском ГСУ.

**Тимир-1.** Люпин узколистный. Создан в МСХА и Российском НИИ зернобобовых и крупяных культур методом отбора из гибридной популяции ЛА 111 × Немчиновский 846. Районирован в 1990 г.

Семена почковидные, светло-кремовые. Масса 1000 семян 137–168 г. Содержание протеина в абсолютно сухом веществе 18,0%, белка в семенах – 36,2, алкалоидов в семенах – 0,06, в зеленой массе – 0,03%. Максимальная урожайность семян получена на Калтасинском ГСУ в 1986 г. – 36,5 ц/га, сухого вещества – 132,2 ц/га.

**Олежка.** Люпин белый. Создан в Украинском НИИ земледелия методом индуцированного мутагенеза. Районирован в 1989 г.

Семена угловато-округлые, масса 1000 семян 257...524 г. Содержание сырого протеина в семенах 35,9–40,1%, в абсолютно сухом веществе – 23,2–25,8%. Максимальная урожайность семян – 14,2, зеленой массы – 594, сухого вещества – 146,6 ц/га.

*Ладный.* Люпин узколистный. Создан коллективом авторов МСХА и Московского НИИСХ «Немчиновка» методом индуцированного мутагенеза (облучение семян изотопом  $Co^{60}$ ) сорта Немчиновский 846. В Государственном реестре с 1992 г.

Семена округлые, гладкие, блестящие, белые. Масса 1000 семян 90–120 г. Содержание сырого протеина в семенах 33–35%, в сухом веществе зеленой массы – до 21%, алкалоидов в семенах – 0,015–0,51%. Максимальный урожай семян был получен на Тукаевском ГСУ в Татарстане при выращивании на поле в 1989 г. – 4,75 т/га; средний урожай зеленой массы – 400–500 ц/га.

### Вопросы к главе 10

1. Какие виды люпина возделывают в производстве?
2. Охарактеризуйте содержание и фракционный состав белков в зерне люпина.
3. Какова химическая природа алкалоидов? Какие алкалоиды наиболее токсичны?
4. Где локализируются алкалоиды в растениях люпина?
5. Опишите принципы методов определения содержания алкалоидов.
6. Какие гены отвечают за низкое содержание алкалоидов?
7. Назовите безалкалоидные сорта белого, желтого и узколистного люпина.
8. Как осуществляется контроль содержания алкалоидов в селекционном процессе?
9. Назовите правила ведения семеноводства безалкалоидных сортов люпина.
10. Какие селекционные учреждения ведут селекцию люпина?

## Глава 11 ПОДСОЛНЕЧНИК

Подсолнечник – основная масличная культура в СНГ: в общем производстве растительных масел на него приходится около 75–80%. По посеваемым площадям в мировом земледелии из масличных культур подсолнечник уступает только сое. Вследствие высокой востребованности масла и рентабельности возделывания подсолнечника за последние 30 лет его площади в мире возросли вдвое и достигли 25 млн га. Основные посевы подсолнечника сосредоточены в Европе (около 64%), Америке (9%) и Азии (4%). Максимальные площади заняты подсолнечником в РФ (около 7 млн га), на Украине (до 5 млн га), в странах ЕС (около 4 млн га), в Аргентине (около 1,5 млн га), США (до 1 млн га). На значительных площадях возделывают подсолнечник в Индии, Турции, Румынии, бывшей Югославии, Болгарии, Испании, Канаде.

Растительное масло, получаемое из семян подсолнечника, является основным продуктом его производства. В качестве побочного продукта после отжима масла шрот и жмых (прессованный шрот, часто называемый макуха) используются на корм скоту или для приготовления комбикормов с высоким (от 30 до 36%) содержанием белка, хорошо сбалансированного по аминокислотному составу. В килограмме жмыха содержится 1,09 корм. ед. и 226 г протеина.

Из обмолоченных корзинок и стеблей подсолнечника можно производить сухую кормовую муку. Такая мука содержит 0,6–0,8 корм. ед. и 30–43 г протеина. Из лузги семян кондитерского подсолнечника можно производить технические сахара: гекозный для производства спирта и кормовых дрожжей и пентозный для производства фурринола. Последний используется в производстве пластиков и искусственного волокна.

Растительные остатки подсолнечника можно использовать для производства топливных гранул – пеллет.

### 11.1. Химический состав семян и качество масла

Плод подсолнечника – семянка сжатойцевидной формы с четырьмя резко выраженными гранями. Она состоит из семени (ядра) и кожистого плотного околоплодника (кожуры, лузги), не сростающегося с семенем. Ценным свойством сортов и гибридов подсолнечника является наличие в околоплоднике между гиподермальным слоем клеток и склеренхимной тканью так называемого панцирного слоя, черноугольного по окраске и состоящего из нерастворимого в воде, кислотах и щелочах фитомелана. Этот слой повышает прочность околоплодника, защищает семянку от повреждения гусеницами подсолнечной моли и проникновения мицелия плесневых грибов.

Семя (ядро) состоит из зародыша и тонкой семенной оболочки. Зародыш имеет корешок, почечку и две семядоли.

Ценность семян подсолнечника определяется высоким содержанием жиров, белков и других физиологически активных веществ. Подсолнечное масло – высококалорийный пищевой продукт, по усвояемости и вкусовым качествам среди жиров уступает лишь сливочному маслу. В семенах современных сортов и гибридов подсолнечника содержится до 55% масла и до 16% белка. Ядро семечки содержит 65–67% масла и 22–24% белка. Подсолнечное масло относится к группе полувывеивающихся и обладает высокими вкусовыми качествами. Особую ценность для человека представляют физиологически активные вещества – жирные кислоты, фосфатиды, стерины, жирорастворимые витамины А, D, Е и К, антиоксидант  $\alpha$ -токоферол, входящие в состав масла подсолнечника. В масле содержится также 13–19% белка, 24–26% углеводов, лимонная, винная и хлорогеновая кислоты, дубильные вещества.

В повышении продуктивности и масличности подсолнечника, превращении его в культуру большого производственного значения решающую роль сыграли работы академика В. С. Пустовойта на Кубани. Он разработал методы селекции и семеноводства подсолнечника, доказал необходимость и возможность селекции на значительное увеличение масличности семян и сбора масла с единицы площади. Если до середины прошлого века в производстве использовались сорта подсолнечника с содержанием масла 28–36% и высоким, до 44%, содержанием лузги, то в результате работы В. С. Пустовойта сорта подсолнечника содержали уже до 53% масла и не более 25% лузги.

Селекция подсолнечника на высокую масличность и снижение содержания плодовой оболочки (лузги) не только изменила соотношение между главными компонентами семечки, но и привела к существенному сдвигу химического состава ядра и лузги (табл. 47). Все это заметно сказалось на физических и биологических свойствах семян, в частности гидрофильности и гигроскопичности, активности ряда ферментов.

Таблица 47

Химический состав ядра и плодовой оболочки семян подсолнечника, % абсолютно сухого вещества (по Н. Ф. Дублянской)

Показатель	ВНИИМК 8931 (высокомасличный)		Круглик А-41 (низкомасличный)	
	состав ядра	состав лузги	состав ядра	состав лузги
Содержание масла в семечках	49,0	–	35,1	–
Липиды (масло)	64,4	2,96	57,8	0,99
Протеин	19,8	4,19	25,2	1,88
БЭВ	7,4	36,9	9,2	30,8
Зола	3,4	2,59	3,6	1,37
Клетчатка	5,0	53,3	4,1	65,9

В ядрах высокомасличных сортов подсолнечника уменьшилось количество протеина, безазотистых экстрактивных веществ, золы и увеличилось количество клетчатки. В лузге клетчатки стало меньше, но больше липидов, протеина, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) и золы.

Растительные жиры – это смеси сложных эфиров глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. Они имеют следующую общую формулу:  $\text{CH}_2\text{OCOR}_1\text{CHOCOR}_2\text{CH}_2\text{OCOR}_3$ , где  $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$  – радикалы жирных кислот. Глицериновые эфиры жирных кислот называют ацилглицеринами; если все три спиртовые группы глицерина соединены эфирными связями с остатками жирных кислот, то такое соединение называют триацлглицерином.

Подсолнечное масло и состоит в основном из смеси триацлглицеринов жирных кислот. Кроме того, в нем имеется некоторое количество примесей – свободные жирные кислоты, фосфоглицериды, стероиды, каротиноиды, витамины. В связи с наличием каротиноидов подсолнечное масло окрашено в желтоватый цвет.

В состав подсолнечного масла входят в основном следующие жирные кислоты: ненасыщенные – олеиновая и линолевая и насыщенные – пальмитиновая и стеариновая. Олеиновая и линолевая кислоты в сумме составляют около 90% от общего содержания жирных кислот (55–65% линолевой и 30–32% олеиновой). Некоторые современные сорта и гибриды олеинового типа содержат до 94% олеиновой кислоты, что приближает их масло по ценности к оливковому. Высокоолеиновое масло превосходит обычное подсолнечное масло по стойкости к окислению в процессе хранения и приготовления пищи.

Линолевая кислота нормализует в организме человека обмен холестерина. Известно, что в организме животных линолевая и линоленовая кислоты синтезироваться не могут и организм должен получать их с пищей. Их называют витамином F.

Подсолнечное масло используется для пищевых (непосредственно в пищу, для производства майонезов, маргарина, соусов, консервов, хлебобулочных изделий) и технических (для производства биодизеля, пластификов, мыла, линолеума и др.) целей.

Извлечение растительного масла из семян подсолнечника в производстве осуществляется с помощью двух операций – прессования и экстракции. Сначала семена очищают от посторонних примесей, затем пропускают через специальные машины и отделяют лузгу от ядра, после чего ядра размалывают, увлажняют и отжимают на прессах.

Обычно используются следующие варианты получения масла из маслосемян:

1. Однократное холодное прессование, дающее выход масла до 30–35%. Это наименее затратный способ извлечения масла, но в протее остается большое его количество. Полученное масло сохраняет все биологи-

чески активные вещества и отличается высокими вкусовыми качествами. Однако оно плохо хранится, так как быстро прогоркает и темнеет.

2. Однократное горячее прессование. Размолотые ядра нагревают до 100°C и отжимают на прессах. При этом методе выход масла повышается до 80–86%. Масло получается более интенсивно окрашенное. За счет веществ, образуемых при нагревании, оно приобретает приятный запах. Но такое масло также хранится недолго.

3. Горячее прессование с повторным прессованием обеспечивает 98% выход масла. При этом для повторного прессования используются специальные прессы-экспеллеры второго отжима.

4. Горячее прессование и химическая экстракция повышают выход масла до 98,5–99%. Масло после горячего прессования направляется на фильтрацию и отстой. Из него получают пищевое масло высших сортов. Для экстракции невыжатого из шрота масла обычно используют бензин или другие органические растворители. В результате обработки экстракционным бензином получается мисцелла (раствор масла в бензине) и шрот, смоченный бензином. Из мисцеллы и шрота масло отгоняется (экстрагируется). После химической экстракции в шроте должно содержаться не более 1% бензина.

Последний метод получения масла используется чаще всего, так как позволяет получить максимальный выход масла. После экстрагирования масло подвергается очистке, которая может проводиться методами фильтрации, отстаивания, центрифугирования, рафинации, гидратации, отбеливания, вымораживания и т.п.

Основными константами, характеризующими свойства жира, являются его температура плавления, кислотное число, йодное число и число омыления.

*Температура плавления* зависит от преобладания в жире тех или иных кислот; при высоком содержании ненасыщенных кислот жир имеет жидкую консистенцию, как и подсолнечное масло.

*Кислотное число* – количество миллиграммов едкого калия, необходимого для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира. Кислотное число масла заметно изменяется в зависимости от условий выращивания растений. При одинаковых условиях произрастания сортовых различий по кислотному числу не обнаружено. Обычно кислотное число бывает меньше единицы, но при неблагоприятных условиях (высокая влажность перед и во время уборки) оно возрастает до двух и более единиц.

Кислотное число служит показателем содержания свободных жирных кислот и напрямую зависит от активности гидролитических ферментов в семенах, в основном, липазы. Масло с кислотным числом более 3,5 мг КОН/г непригодно для питания без предварительной рафинации. Пищевое масло с повышенным кислотным числом обладает неудовлетворительными органолептическими свойствами и быстрее окисляется при

хранении и нагревании. Поэтому его подвергают щелочной рафинации. Селекция на пониженное кислотное число обеспечивает повышенную устойчивость масла к гидролитическому распаду.

*Число омыления* – количество миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных и связанных в виде ацилглицеринов кислот, содержащихся в 1 г жира. Число омыления характеризует среднюю величину молекулярной массы ацилглицеринов, которые входят в состав жира.

*Йодное число* – количество граммов галогена (в пересчете на йод), которое способно присоединяться к 100 г жира. Так как йод присоединяется по месту двойных связей жирных кислот, то по йодному числу можно судить об относительном количестве ненасыщенных жирных кислот. Чем оно выше, тем легче окисляется данный жир и тем скорее он высыхает на воздухе с образованием твердой пленки.

Подсолнечное масло относится к группе подувысыхающих или слабо высушающих масел (Йодное число 127–136; у хорошо высушающего льняного – 171–185), так как в нем содержится много линолевой кислоты с тремя двойными связями.

Основные свойства подсолнечного масла следующие: цвет светло-желтый, плотность 0,92 (при 15°C), температура плавления 16–18°C, число омыления 186–194, йодное число 127–136.

Пищевая ценность масла и семян зависит не только от жирнокислотного состава, но и от присутствия витаминов, естественных ингибиторов окисления и прооксидантов. В семенах подсолнечника содержится 0,7–1% фосфолипидов (фосфатидов), 0,23–0,24% стеролов. В масле современных сортов подсолнечника содержится 60–80 мг% токоферолов, характерные свойства которых связаны с проявлением ими Е-витаминной активности и антиокислительного действия, что способствует повышению антимуtagenной активности в животном организме. По содержанию водорастворимых витаминов (никотиновой кислоты, тиамина, биотина и рибофлавина) семена высокомасличного подсолнечника сходны с семенами арахиса. Содержание пигментов (каротиноидов, каротинов и ксантофиллов) составляет в зрелых семенах 0,12–0,16 мг%.

## 11.2. Селекция на масличность и жирно-кислотный состав

В настоящее время селекцией сортов подсолнечника занимаются только в России. Одновременно в нашей стране и за рубежом ведется селекция гетерозисных гибридов подсолнечника, отличающихся наряду с высокой урожайностью и масличностью устойчивостью к ряду болезней и вредителей, выравниваемостью по высоте и вегетационному периоду и другими хозяйственно ценными признаками.

Подсолнечник подразделяется на группы. Требования к сортам и гибридам этих групп различно, поэтому знание их также необходимо для успешной селекционной работы.

1. Масличный линолевого типа. Растения имеют относительно тонкий стебель высотой 1,5–2,5 м. Диаметр корзинки 15–30 см. Семянки мелкие, длиной 7–25 см. Ядро заполняет всю полость семянки. Масса 1000 семян 35–80 г. Содержание масла – 38–56%, лузги – 25–30%, олеиновой кислоты – 20–30%. Большинство гибридов принадлежат к данной группе.

2. Масличный высокоолеиновый. Содержат более 80% олеиновой кислоты. В лучших сортах и гибридах – до 94%.

3. Кондитерский. Растения с толстым стеблем до 1,7–4,0 м, с корзинкой диаметром 25–70 см. Семянки крупные, длиной 11–23 мм. Условный объем полости (разности объемов семянки и семени) повышенный по сравнению с мелкосемянными масличными сортами и гибридами. Ядро заполняет семянку на 2/3. Масса 1000 семян не менее 80 г. Выход чистого ядра не менее 65%. Коэффициент обрушиваемости не менее 0,75. Содержание масла не более 35%, лузги 56%, белка – не менее 20%. Кондитерский подсолнечник представлен в основном сортами, хотя в последнее время появились и крупноплодные гибриды подсолнечника, пригодного для кондитерской промышленности.

4. Грызовый или межеумок. Это различные местные сорта и промежуточные между масличным и кондитерским формы подсолнечника. У грызовых форм семянки часто с толстым околоплодником, ядро заполняет семянку на 2/3.

Основной задачей селекции до последнего времени являлось повышение сбора масла с единицы площади за счет создания более продуктивных сортов с высокой масличностью семян. Однако проведенные биохимические исследования показали широкие пределы варьирования жирнокислотного состава масла у подсолнечника, что дало возможность вести селекцию и на определенное качество.

Качество растительного масла, его питательные и технологические свойства в значительной степени определяются соотношением входящих в его состав глицеридов жирных кислот. Лучшим растительным маслом, так называемым мировым стандартом, считается оливковое. По жирнокислотному составу оно отличается от подсолнечного в основном соотношением олеиновой и линолевой жирных кислот. В оливковом масле содержание жирных кислот составляет: насыщенных – 10–12, олеиновой – 70–80, линолевой – 10–15%; в подсолнечном масле: 10–15, 25–30, 55–60% соответственно. То есть в оливковом масле преобладает олеиновая кислота, в то время как в подсолнечном – линолевая при практически одинаковом содержании насыщенных жирных кислот.

Таким образом, выделяются два направления селекции на качество масла: на повышенное содержание в нем олеиновой кислоты и на устойчивость масла к гидролитическому распаду.

С 1970 г. в НИИ масличных культур (г. Краснодар) была начата работа по изменению жирно-кислотного состава подсолнечного масла методами селекции. Особое внимание обращено на необходимость повышения стойкости подсолнечного масла к окислению при длительном хранении путем снижения содержания ненасыщенных жирных кислот, главным образом линолевой, а также увеличения содержания антиоксидантов.

Линолевая и олеиновая кислоты неодинаковы по своему физиологическому действию. Наибольшей физиологической активностью обладает линолевая кислота, поэтому снижение ее содержания до известных пределов. По рекомендуемым Институтом питания нормам, суточное потребление человеком растительного жира должно составлять 25 г, в том числе на долю линолевой кислоты должно приходиться 4 г. Следовательно, при этих нормах необходимое количество линолевой кислоты организм получит в том случае, если ее содержание в масле составит 16%. Это, по-видимому, и есть минимальный уровень содержания линолевой кислоты в пищевом масле.

Основными факторами, определяющими жирно-кислотный состав масла, являются сортовые особенности и условия произрастания. Между масличностью семян и содержанием важнейших жирных кислот корреляции не обнаружено, однако при селекции на высокую масличность изменилось соотношение между олеиновой и линолевой кислотами и составило в среднем 30 и 60% соответственно (у низкомасличных форм содержание каждой из них в среднем равно 45%). Установлена обратная зависимость между содержанием олеиновой и линолевой кислот ( $r = 0,98$ ). У высокомасличных сортов отмечается небольшое увеличение суммы насыщенных кислот. В масле новых сортов присутствуют в незначительном количестве также пальмитоолеиновая (0,2%), линоленовая (0,1%), арахидовая (0,2%), беленовая (0,7%), эйкозеновая (0,1%) и другие кислоты.

В последние годы в нашей стране и за рубежом проводится работа по созданию сортов и гибридов подсолнечника с высоким качеством масла по жирно-кислотному составу и содержанию в нем токоферолов (в первую очередь витамина E). Качество вырабатываемого подсолнечного масла в значительной степени зависит от условий уборки и хранения семян. Семена высокомасличных сортов и гибридов должны храниться при влажности не более 7%.

Поскольку подсолнечник – типичный перекрестноопылятель, а селекция на качество масла до недавнего времени не проводилась, то все сорта-популяции по содержанию основных жирных кислот различаются незначительно. При выращивании сортов-популяций в условиях Красно-

дарского края уровень накопления в масле линолевой кислоты достигает 56–60, олеиновой – 29–32, стеариновой – 2,8–5,8, пальмитиновой – 4,6–6,0%.

В то же время все сорта-популяции оказались гетерозиготными по содержанию олеиновой и линолевой кислот. Полученные экспериментальные данные свидетельствовали о потенциальной возможности выделения биотипов с высоким содержанием олеиновой и линолевой кислот.

С 1965 г. в НИИ масличных культур проводились исследования по изучению действия химического мутагенеза на определенный жирнокислотный состав масла. При использовании диметилсульфата получили мутантную популяцию подсолнечника и выделили высокоолеиновые биотипы, причем высокое содержание олеиновой кислоты хорошо наследовалось, о чем свидетельствует сравнительно тесная сопряженность ее содержания у родоначальных растений и потомства ( $r = 0,67$ ). Это подтвердилось высокой эффективностью отборов, что позволило в довольно короткий срок увеличить среднее содержание олеиновой кислоты в масле растений, составляющих популяцию.

У некоторых семей наблюдалась довольно тесная связь между содержанием в масле олеиновой кислоты и основными хозяйственно полезными признаками (масличность, лужистость, крупность семян, продуктивность одной корзины), что позволяет создавать высокоолеиновые сорта подсолнечника с благоприятным сочетанием других полезных признаков.

В 1977 г. в Краснодарском крае был районирован первый в мире высокоолеиновый сорт Первенец. Он был создан методом химического мутагенеза в сочетании с направленным переопылением биотипов с повышенным содержанием олеиновой кислоты из сорта ВНИИМК 8931. Сорт Первенец относится к группе среднеспелых с продолжительностью вегетационного периода 95–100 дней и средней урожайностью на уровне или несколько ниже обычных районированных сортов, масличность семян 50%.

В процессе хранения масло этого сорта более стойко к окислению, чем масло обычных сортов подсолнечника. Кроме того, оно более богато природными антиоксидантами – токоферолами (витамином Е). В подсолнечном масле содержится до 70 мг% токоферолов, из которых на долю наиболее физиологически активного изомера  $\alpha$ -токоферола приходится 85% (у кукурузного масла лишь 12%).

При сравнительном изучении жирно-кислотного состава масла было установлено, что у сортов-популяций Передовик и ВНИИМК 8931 содержится в два раза больше линолевой кислоты, чем олеиновой, а у Первенца – наибольшее содержание олеиновой кислоты (табл. 48).

Для изучения эффективности способов отбора биотипов подсолнечника по жирно-кислотному составу сравнивали применение свободного переопыления, самоопыления и группового направленного опыления.

Перед посевом в 1/8 части каждой высевной семянки методом газожидкостной хроматографии был определен жирно-кислотный состав масла, а оставшуюся с зародышем часть семян высевали в поле.

Таблица 48

Жирно-кислотный состав масла семян подсолнечника, %  
(по Г. В. Пустовойт и др.)

Сорт	Жирная кислота			
	пальмитиновая	стеариновая	олеиновая	линолевая
Передовик	6,5±0,22	5,4±0,24	27,6±0,68	60,5±0,74
ВНИИМК 8931	6,8±0,18	5,1±0,26	28,1±0,82	59,9±0,90
Первенец	5,1±0,30	3,2±0,20	75,3±3,45	6,4±3,24

При проведении отборов в условиях свободного цветения и переопыления коэффициенты генотипической изменчивости содержания отдельных жирных кислот и коэффициенты наследуемости были низкие; самоопыление растений, выращенных из части семян, предварительно проверенных на жирно-кислотный состав, способствовало разложению сортов-популяций Передовик и ВНИИМК 8931 на биотипы с разным соотношением жирных кислот в масле. При этом по сравнению со свободно цветущими растениями увеличился показатель генотипической изменчивости, а вычисленные по всем показателям состава масла коэффициенты наследуемости оказались достоверными. Такая же закономерность наблюдалась и при использовании группового опыления растений в пределах семьи.

Сочетание самоопыления и группового опыления с прижизненным анализом жирно-кислотного состава масла позволило разложить сорта-популяции на отдельные биотипы, различающиеся по жирно-кислотному составу масла.

При отборе из популяций подсолнечника по качеству масла растений и направленном переопылении потомства были выделены биотипы не с одним, а с несколькими спектрами жирно-кислотного состава масла (табл. 49).

В настоящее время в НИИ масличных культур продолжается работа по использованию сорта Первенец для создания новых сортов и гибридов с измененным жирно-кислотным составом. Создан так называемый суперолеиновый исходный материал, в котором лишь у 5,5% растений популяции содержание олеиновой кислоты меньше 80%; у 25,5% растений ее имеется 80-90% и у 69% растений – более 90% олеиновой кислоты. Самое высокое содержание олеиновой кислоты – 94,8%. Выделенные суперолеиновые растения имеют масличность от 53 до 60%.

Характеристика жирно-кислотного состава запасного масла биотипов, выделенных за три года отбора из сортов-популяций (по Г. В. Пустовойт)

Сорт, биотип, номер отбора	Содержание жирных кислот				Йодное число масла
	пальмитиновая	стеариновая	олеиновая	линолевая	
Передовик – исходный	6,5	5,4	27,6	60,5	124,7
Первенец – исходный	5,1	3,2	75,3	16,4	93,3
Передовик 222–125	3,9	6,2	60,4	29,5	103,3
» 242–134	4,7	3,9	57,4	34,0	108,5
» 961–1	6,7	5,1	16,3	71,9	138,6
ВНИИМК 8931 – исходный	6,8	5,1	28,2	59,9	128,4
» 934–1	6,5	9,3	25,4	58,8	124,3
» 934–2	5,0	6,2	51,3	12,1	109,4

Ведется селекция гетерозисных гибридов с высоким содержанием олеиновой кислоты. Получены материнские линии с содержанием олеиновой кислоты 80–90%, а также некоторые линии-восстановители фертильности с высокой ОКС и высоким содержанием олеиновой кислоты.

Одним из последних созданных с использованием сорта Первенец в НИИ масличных культур высокоолеиновых гибридов подсолнечника является гибрид Оксис (табл. 50; рис. 23). Данный гибрид сочетает свойства высокой устойчивости масла к гидролитическому распаду и повышенного содержания в нем олеиновой кислоты.

Таблица 50

Селекционно-генетическая характеристика гибрида подсолнечника Оксис с изменённым составом жирных кислот и токоферолов

Показатели	Гибрид Темп (контроль)	гибрид Оксис
Вегетационный период, суток	94	94
Урожайность семян, т/га	3,3	3,1
Масличность семян, %	51,8	47,8
Сбор масла, т/га	1,5	1,3
Формула гибрида	ВА 93А × ВК 580	ВК 876А × ВК 195
Генотип	<i>O1o1 Tph1Tph1 Tph2Tph2</i>	<i>O1O1 tph1tph1 tph2tph2</i>
Тип масла	Линолевый, альфа-токоферольный	Высокоолеиновый, гамма- и дельта-токоферольный

При изучении жирно-кислотного состава масел сортов-популяций разных групп спелости не установлено различий по процентному содержанию линолевой и олеиновой кислот. В зависимости от метеорологических условий уровень масляности и накопления олеиновой и линолевой кислот может изменяться; высокая температура и недостаток влаги приводят к более низкому накоплению в масле линолевой кислоты и повышенному — олеиновой.

Установлено, что содержание масла в семенах подсолнечника обусловливается наследственными особенностями и условиями их питания. Различия в интенсивности маслообразования у низко- и высокомасличных сортов проявляются в период налива семян, причем не на клеточном уровне, а только на уровне целого растения. Чем больше запасующих жир клеток образуется во время эмбрионального роста зародыша, тем больше масла накопится в семенах в период их налива. В семенах подсолнечника наиболее активное накопление масла происходит только в самом начале периода налива, затем его интенсивность постепенно снижается. Теоретическое обоснование дальнейшего успешного применения селекции на высокую масляность разработано в исследованиях А. Б. Дьякова.

Повышение сбора масла у высокомасличных сортов подсолнечника в значительной степени определяется урожаем массы семян ( $r = 0,98$ ) и их масляности ( $r = 0,81$ ).

При изучении изменения содержания масла, белка и других веществ в семенах и ядрах гибридов подсолнечника гетерозис чаще проявляется в повышении массы семян, чем в масляности, хотя в отдельных случаях гибриды имеют и более высокое содержание жира по сравнению с родителями. Поэтому подбор родительских пар (сортов, линий и форм) необходимо проводить на основе изучения их специфической комбинационной способности (СКС).

Поскольку при создании новых сортов и гибридов подсолнечника селекционерам приходится оценивать по масляности очень большое количество образцов и номеров, причем часто по небольшим навескам, разработка различных методов определения масляности имеет важное значение.

Стандартный экстракционный метод, который обычно применяется на заключительных этапах селекции и при оценке сортов, основан на извлечении из измельченной навески семян жира с помощью этилового спирта, достаточно длительный (около 24 ч) и трудоемкий. Кроме того, в ряде случаев при оценке ценного селекционного материала он вообще не может быть использован, так как образец в процессе анализа разрушается.

В селекционной работе широко использовался метод определения содержания жира по обезжиренному остатку, разработанный С. В. Рушковским. Этот метод в свое время позволил В. С. Пустовойту значитель-

по ускорить и увеличить объемы селекционной работы по отбору высокомасличных форм.

В настоящее время в селекционных учреждениях широко используется прибор ЯМР – экспресс-анализатор, с помощью которого быстро, в течение 1 мин, определяется содержание жира в навеске семян без их разрушения и с учетом их влажности. Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) по своей физической сущности является одним из радиоспектроскопических методов, позволяющих наблюдать поглощение и дисперсию электромагнитных волн в области радиочастот веществом, в составе которого имеются ядра, обладающие магнитными свойствами. Количественный анализ содержания масла в семенах масличных культур основан на различной подвижности атомов водорода в твердых веществах и жидкостях. В масле, представляющем собой маловязкую жидкость, ядра атомов водорода более подвижны, чем протоны, входящие, например, в состав белков и углеводов. Наличие в семенах протонов с различной подвижностью приводит к возникновению сигналов ЯМР сложной природы, которые расшифровываются и сравниваются с амплитудными значениями этих сигналов от эталонных образцов масла.

Непродолжительное одновременное действие на семена постоянного магнитного поля и высокочастотного электромагнитного поля не вызывает в семенах заметных изменений, и они сохраняют обычную всхожесть.

Разработка и применение метода газожидкостной хроматографии с приближенным жирно-кислотным анализом 1/8 части семечки подсолнечника и посевом остальной части семечки с зародышем позволила еще более ускорить оценку и отбор селекционного материала с заданным жирно-кислотным составом.

### 11.3. Селекция на содержание белка

Семена подсолнечника наряду с высокой масличностью отличаются и высоким (до 20–25%) содержанием протеина.

Белковые фракции семян подсолнечника, различающиеся по растворимости, характеризуются определенным аминокислотным составом (табл. 52). Количество лизина в водорастворимых белках вдвое превышает его содержание в солерастворимой фракции. Коэффициент корреляции между водорастворимой фракцией в белковом комплексе и накоплением лизина в нем составляет  $+0,81 \pm 0,14$ , что свидетельствует о тесной сопряженности этих признаков.

В процессе селекции на высокую масличность в белковом комплексе семян подсолнечника произошли существенные изменения – увеличилось количество водорастворимой фракции белков, наиболее сбалансированной по аминокислотному составу, и в результате повысилось со-

держание в общем белке некоторых незаменимых аминокислот, в том числе лизина.

Таблица 52

Аминокислотный состав белковых фракций подсолнечника  
(по А. А. Бородулиной)

Аминокислота	Фракции белка		
	водорастворимая	солерастворимая	щелочерастворимая
Лизин	3,5	1,9	3,0
Гистидин	2,2	1,9	2,2
Аргинин	7,0	7,7	6,3
Аспарагиновая	10,8	10,7	9,0
Треонин	4,5	4,4	6,1
Серин	6,2	5,6	6,6
Глутаминовая	23,6	27,2	18,4
Глицин	8,8	8,6	10,8
Аланин	7,1	6,4	9,4
Валин	5,8	5,9	6,8
Метионин	2,0	1,0	1,4
Изолейцин	4,3	4,5	3,8
Лейцин	7,4	7,2	9,1
Тирозин	2,5	2,2	2,7
Фенилаланин	4,5	4,8	4,4

Высокомасличные сорта подсолнечника довольно хорошо сбалансированы по аминокислотному составу, лимитирующей аминокислотой является только лизин, дефицит которого несколько снижает питательную ценность белка. У различных высокомаслических сортов, выращенных в одинаковых почвенно-климатических условиях, варьирование содержания лизина составляло  $4,0 \pm 0,70\%$ , а внутри сортовой популяции  $5,4 \pm 0,76\%$ .

В целом высокомасличные семена характеризуются хорошим качеством протеина. Коэффициент корреляции между маслическостью семян и содержанием в них лизина равен  $+0,70 \pm 0,17$  и свидетельствует о том, что высокая маслическость подсолнечника сопровождается повышением питательной ценности белка, поэтому специальную селекцию на повышение качества белка считают нецелесообразной. В процессе селекции накопление лизина в протеине увеличилось примерно на 20%. Фракционный состав белка семян подсолнечника представлен в таблице 53. Увеличение лизина в протеине более высокомаслических семян является следствием изменения соотношения белковых фракций. Так, содержание водорастворимых белков в семенах более высокомаслического сорта Передовик вдвое превышает количество их в семенах низкомаслического сорта Круг-

лик А-41. В опытах НИИ масличных культур у семян сорта Передовик с масличностью от 56 до 60,2% водорастворимые белки составляли в среднем 33,8% белкового комплекса, а у семян, имеющих масличность от 63,6 до 66,4%, на долю водорастворимой фракции приходилось 43,7% общего количества белков. Между масличностью семян и содержанием водорастворимой фракции белка установлена положительная корреляция ( $r = +0,60 \pm 0,19$ ).

Таблица 53

Фракционный состав семян белка подсолнечника, %

Показатель	Передовик	Круглик А-41
Масличность	62,0	35,7
Содержание протеина	21,7	27,8
Фракции белка:		
водорастворимая	56,4	24,6
солерастворимая	27,3	58,6
щелочерастворимая	16,3	16,8

Изучение взаимосвязей между масличностью семян, количеством и качеством протеина показало, что между масличностью семян и процентным содержанием в них протеина имеется тесная отрицательная корреляция ( $r = -0,96 \pm 0,006$ ). Содержание протеина в семени и лизина в протеине также связано обратной зависимостью, но в этом случае корреляция менее тесная ( $r = -0,60 \pm 0,19$ ), т. е. возможны случаи, когда при высоком содержании протеина количество лизина в нем не снижается, что может быть использовано в селекции на качество белка (табл. 54).

Таблица 54

Содержание жира, протеина и лизина в семенах отдельных корзинок подсолнечника сорта Передовик (по А. А. Бородулиной)

Показатель	Масличность, %	Протеин, %	Лизин, г на 100 г белка
Среднее содержание	60,0 $\pm$ 0,26	24,0 $\pm$ 0,3	3,2 $\pm$ 0,07
Колебания по корзинкам	55,6–66,4	16,9–30,1	2,8–3,6
Коэффициент вариации	4,0 $\pm$ 0,30	11,9 $\pm$ 0,9	5,4 $\pm$ 0,46

Несмотря на существующую обратную корреляцию между масличностью и процентным содержанием белка в семенах, высокомасличные сорта подсолнечника не уступают старым низкомасличным сортам по сбору белка с единицы посевной площади.

Сравнительное физиологическое изучение растений высоко- и низкомасличных сортов подсолнечника показало, что фотосинтез не лимитируется.

тирует накопление жира и протеина в семенах, поэтому между процессами биосинтеза этих веществ антагонизм отсутствует. По абсолютному содержанию жира на одну запасающую клетку семян сортовых различий не обнаружено. Новые сорта дают более высокие урожаи масла только в результате ускоренного оттока веществ из стеблей и листьев и повышенной митотической активности зародышей семян до начала периода интенсивного маслообразования.

#### 11.4. Физико-технологические качества семян подсолнечника

К показателям, характеризующим физико-технологические свойства семян подсолнечника, относится масса 1000 семян (крупность), их натура, форма, выполненность, лужистость, окраска.

Для заводской переработки и хорошего отделения лузги от ядра предпочтительнее крупные укороченные семена с высокой натурой. Лучшими считаются сорта и гибриды с массой 1000 семян около 100 г и натурой 480–550 г/л. Нежелательна окраска семян типа фуксинок (черно-фиолетовые), так как она придает маслу нежелательную темную окраску из-за перехода в него пигмента.

Размер и количество семян в корзинке зависят от крупности соцветия. Основную роль в урожае играют семянки крайней и средней зон корзинки. Морфологические и физические показатели плода культурного подсолнечника, динамика его развития зависят не только от условий возделывания, но и в значительной степени от положения семянки в корзинке. Так, масса 1000 семян и доля их плодовой оболочки уменьшаются от крайней зоны корзинки к центральной (табл. 55).

Таблица 55

Некоторые физические свойства плодов культурного подсолнечника  
(по Т. А. Перестовой)

Зона корзинки	Масса 1000 семян, г	Доля плодовой оболочки, %	Плотность плодовой оболочки, г/см <sup>3</sup>	Выполненность семян, %
Крайняя	64,3	20,8	0,570	73,7
Средняя	58,9	18,3	0,637	75,8
Центральная	48,5	16,0	0,752	82,3

Физические свойства семян и их масличность в значительной степени определяются состоянием плодовой оболочки (лузги). В селекции важно учитывать не только массу 1000 семян, но и массу 1000 ядер, так как невыполненные семянки типа грызового подсолнечника или межеумка могут при высокой крупности иметь шуплое ядро и низкую натуру при высоком проценте лузги. В то же время слишком плотное прилегание

ядра к оболочке семян нежелательно, так как создает большие трудности на заводах при отделении ядра от лузги.

Лузжистость семян, т. е. доля околоплодника от общей массы семян, может составлять от 17 до 50%. Снижение ее у современных сортов и гибридов позволило значительно повысить масличность семян. Дальнейшее снижение лузжистости нежелательно, так как околоплодник выполняет роль защитной оболочки и предохраняет ядро от механических повреждений, болезней и вредителей. В селекции подсолнечника необходимо вести отбор на тонколузжистость в сочетании с прочностью и плотностью лузги и хорошо развитым непрерывным панцирным слоем. При снижении доли лузги ниже 20% возникает опасность потери защитной функции перикарпия.

Наличие в перикарпии подсолнечного семени смолоподобного вещества (фитомелана) обуславливает неповреждаемость семян гусеницами подсолнечной моли. Большинство высокомасличных сортов имеет перикарпий семян толщиной 150–200 мкм. Его толщина и анатомическое строение в большей степени зависят от положения семени в корзинке, чем от условий выращивания. У семян центральной зоны он может быть сильно прерывистым и тогда не являться преградой для гусениц.

У диких видов подсолнечника толщина перикарпия 70–150 мкм, т. е. в 2–3 раза меньше, чем у культурного подсолнечника, но масса 1000 семян диких видов составляет 13–14 г у однолетних и 4–8 г у многолетних форм. Для диких видов характерно большее число клеток гиподермы и более мощный фитомелановый слой.

В настоящее время в связи с созданием гетерозисных гибридов подсолнечника проблема лузжистости занимает важное место. Наибольший гетерозисный эффект отмечен при скрещивании отечественных сортов и линий с иностранными образцами с хорошей комбинационной способностью. При этом прибавки в урожае семян достигают 30–50%. Поскольку все иностранные образцы отличаются повышенной лузжистостью (32–35% и выше), а грубая лузжистость доминирует, то сбор масла остается у гибридов на уровне стандарта или лишь немного превышает его.

В рециспрокных скрещиваниях в большинстве случаев наблюдается заметное влияние отцовских форм на повышение или понижение массы ядра. Лузжистость не находится в тесной связи ни с масличностью ядра, ни с массой 1000 семян. Относительно тесно лузжистость связана с диаметром корзинки и массой семян с одной корзинки. В крупных корзинах при высоком урожае семян проявляется повышенная доля лузги на массу семян.

При изучении большого набора сортов и самоопыленных линий подсолнечника мировой коллекции А. В. Анащенко установлен, что в гетерозисной селекции для улучшения исходного материала по признаку лузжистости в большинстве случаев снизить процент лузги удается при проведении жесткого инцукта в 3–4-х поколениях с отбором на низкую луз-

жистость и повышенную самосовместимость. Таким способом удавалось снизить содержание лузги с 40 до 22-25%. Наиболее быстро лузжистость снижалась в тех случаях, когда между процентом лузги и автогамностью обнаруживалась отрицательная корреляция. Оценка коэффициента корреляции этих двух признаков уже в год проведения самоопыления служит косвенным показателем перспективности отбора.

Первоначальную браковку по лузжистости проводят в полевых условиях по визуальной оценке лузги. Стандартный метод определения лузжистости заключается в том, что лузгу семян раскалывают с помощью специальных щипцов, опытные селекционеры от ядер семян, взвешивают и по массе лузги и общей массе навески определяют процент лузжистости семян. Для учета влажности навески можно взвешивать после высушивания. Этот метод достаточно надежен, но малопроизводителен, требует определенного навыка при раскалывании лузги семян и большой тщательности при отделении ее от ядра, так как часть лузги может теряться, что снижает точность анализа.

Существует болгарский метод определения лузжистости, который заключается в том, что определенное число семян замачивают в воде комнатной температуры на 18 ч, после чего размягченная лузга легко отделяется от ядра легким нажатием пальцев. После высушивания навески лузги и ядра взвешивают и определяют процент лузжистости. После использования этого метода облегчается отделение лузги от ядра, и производительность увеличивается в 1,5-2 раза. Но при длительном замачивании семена могут не только набухать, но и прорастать, что приводит к биохимическим изменениям и искажению результатов. Кроме того, из лузги вымываются красящие и минеральные растворимые вещества, что также отрицательно сказывается на точности анализа.

В НИИ масличных культур разработан и широко применяется гидро-термический метод определения лузжистости семян подсолнечника, основанный на воздействии резкой смены температур на плодую оболочку семянки, что вызывает разрыв ее механических тканей. Этот метод позволяет исключить длительное замачивание семян и провести весь анализ в течение рабочего дня. Для проведения анализа определенное количество семян помещают в дырчатые металлические боксы и кипятят в течение 5-8 мин, после чего заливают холодной водой на 2-3 мин. Лузга легко отделяется нажатием пальцев на ребра семянки. Высушенную лузгу и ядра взвешивают и вычисляют процент лузжистости. Описанный метод позволяет увеличить производительность труда и обеспечивает более высокую точность определения показателя лузжистости.

Натура (объемная масса) семян подсолнечника зависит от целого ряда факторов. Этот показатель находится в тесной положительной зависимости от плотности расположения семян в единице объема и от удельной массы. Плотность расположения семян в единице объема, в

свою очередь, зависит от морфологических особенностей семян и от степени их опушенности.

Натура семян существенно изменяется в зависимости от условий возделывания. По данным конкурсного сортоиспытания в НИИ масличных культур, по годам разница у одного и того же сорта колебалась от 21 до 41 г/д, но соотношение между сортами по этому показателю сохраняется. Так, у сорта Крутлик А-41 натура семян составила в среднем за 7 лет 467 г/д, а у сорта Передовик – 414 г/д, но поскольку масличность у Крутлика А-41 ниже, то сбор масла был на 34% меньше по сравнению с сортом Передовик.

Селекции сортов и гибридов подсолнечника с повышенной натурой семян в последние годы уделяют большое внимание. Высокая натура семян во многих случаях имеет положительную корреляцию с мелкосемянностью, что затрудняет селекционную работу. Тем не менее, во многих селекционных учреждениях создан селекционный материал с высокой натурой и массой 1000 семян.

### 11.5. Селекция на качество и устойчивость к болезням

При поражении болезнями не только резко падает урожайность, но и ухудшается качество семян: снижаются полевая всхожесть, масса и масличность, значительно повышается кислотное число масла, что ухудшает его пищевые свойства (рис. 24).

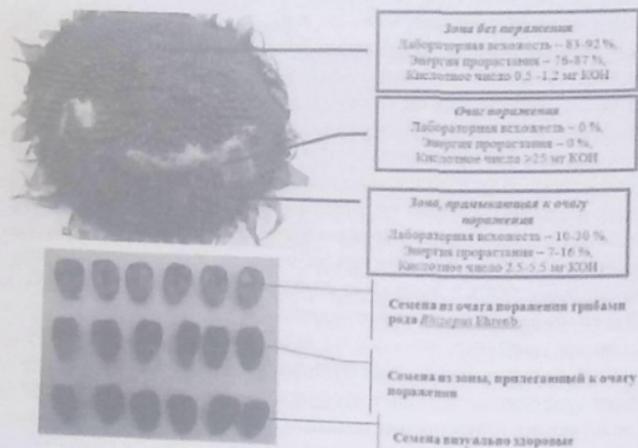


Рис. 24. Изменение качества семян в зависимости от интенсивности поражения *Rhizopus Ehrenb*

На подсолнечнике паразитируют 65 видов грибов, 10 бактерий, два вируса и четыре вида цветковых паразитов. Для подсолнечника наиболее вредоносными являются белая гниль, ложная мучнистая роса, ржавчина, пепельная гниль, серая гниль, корневая гниль, гнили корзинок, вертициллезное увядание, альтернариоз, фомоз, фомопсис. Вследствие сильного насыщения севооборотов подсолнечником распространение заболеваний нарастает.

В настоящее время имеются и применяются в селекционной практике методы генетического контроля над устойчивостью к следующим патогенам:

- насекомому, повреждающему семянки в момент налива – подсолнечниковой моли (подсолнечной огневке) *Homocosoma nebulella* Hb;
- высшему растению, паразитирующему на корнях растений подсолнечника – заразице *Orobancha cumana* Wallr;
- возбудителю ложной мучнистой росы грибу *Plasmopara helianthi* Novot;
- возбудителю пепельной гнили грибу *Sclerotium bataticola* Taub.;
- возбудителю ржавчины *Puccinia helianthi* Echw.;
- возбудителю фомопсиса грибу *Phomopsis helianthi* Munt.-Cvet., Michal., Petrov.;
- фузариозам *Fusarium* sp.

При селекции подсолнечника очень важно подобрать методы искусственного заражения, использовать естественно инфицированный фон и разработать способы ранней диагностики заболевания, так как для перекрестноопыляющегося растения подсолнечника очень важно провести оценку и отбор материала до наступления цветения. При селекции сортов-популяций подсолнечника на устойчивость к болезням и вредителям основной принцип работы заключается в непрерывности оценок и отборов. Прекращение этой работы приводит к быстрой, в течение 5–6 лет, потере устойчивости.

## 11.6. Селекция сортов специального назначения

В нашей стране подсолнечник на значительных площадях (до 5 млн га) возделывается на кормовые цели, в первую очередь – для производства силоса. Однако основную часть этих посевов занимают масличные сорта, которые по сравнению с кормовыми дают более низкие сборы зеленой массы и сухого вещества с гектара. Поэтому селекция подсолнечника кормового направления весьма перспективна. При селекции подсолнечника кормового направления помимо высокой продуктивности его зеленой массы учитывается также содержание сахаров в растениях перед их цветением, химический состав зеленой массы.

Ведется также селекция подсолнечника кондитерского направления. Основными требованиями, предъявляемыми к подсолнечнику этого на-

правления, являются хорошая обрубиваемость (коэффициент обрубиваемости не менее 0,75), крупноплодность (масса 1000 семян не менее 80 г), выход чистого ядра не менее 65%, маслячность ядра не более 35%, содержание белка не менее 20%.

В последние годы появился спрос на грызловые формы подсолнечника и начата селекция таких форм.

### 11.7. Сорты и гибриды подсолнечника

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на 2016 год, включено 554 сорта и гибрида подсолнечника.

**Скороспелый 87.** Сорт создан в НИИСХ Юго-Востока скрещиванием сорта Степной 81 с линией НА-89 из сорта Скороспелый. Один из самых старых находящихся в производстве сортов. Районирован в 1991 г. Ультраранний. Масса 1000 семян 62,1–70,5 г, лужистость 20,8–21,4%. Содержание жира в семенах 47,9–51,2%, белка 19,2–20,8%. Отнесен к высокомасличным сортам подсолнечника.

**Донской 342** – двухлинейный гибрид (ВД-342 × ВД-110). Создан на Донской опытной станции НИИ масличных культур. Районирован с 1991 г. Среднераннеспелый. Масса 1000 семян 47,6–73,7 г, лужистость 24%. Среднее содержание жира в семенах 51,2% (колебания от 43,6 до 57,6%). Содержание белка 17,9%. Отнесен к высокомасличным гибридам подсолнечника.

**Первенец.** Сорт создан в НИИ масличных культур путем обработки семян сорта ВНИИМК 8931 0,5%-ном раствором диметилсульфата и дальнейшим индивидуальным отбором с оценкой по потомству и последующим пересыплением лучших растений. Районирован в 1977 г. В настоящее время в производстве не возделывается, но является ценным исходным материалом для селекции высокоолеиновых сортов и гибридов подсолнечника.

Семянка темно-серая, полосатая; лужистость 20,7–22,3%, содержание жира в семенах 48,5–51,4%. Основное преимущество сорта – высокое содержание олеиновой кислоты в масле – 67,4–75,4% против 27,6–32,0% у сорта Передовик улучшенный. Особенности жирно-кислотного состава делают масло стойким к окислению при хранении и термической обработке, что дает преимущества при его использовании. Такой сорт подсолнечника создан впервые в мире.

**Орешек.** Сорт кондитерского направления селекции ВНИИМК. Вегетационный период 85 дней. В Государственном реестре с 2009 г. Низкорослый, высота растений 170–185 см. Масличность семян 46–50%. Масса 1000 зерен при разреженном посеве достигает 150 г.

**СПК.** Кондитерский сорт селекции ВНИИМК. В Государственном реестре с 1993 г. Вегетационный период 84–90 дней. Высота растений

209 см. Масличность семян до 48%. Лучший медонос среди всех сортов и гибридов подсолнечника. Не выносит чрезмерного загущения. Масса 1000 зерен при густоте стояния 30 тыс. раст./га до 150 г.

**Белоснежный.** Сорт силосного направления использования селекции ВНИИМК. В Государственном реестре с 2007 г. Vegetационный период 108–120 дней. По урожаю зеленой массы вдвое превосходит кукурузу на силос. Урожайность зеленой массы в фазе начала цветения – 560–780 ц/га. В 1 кг зеленой массы при пересчете на сухое вещество содержится 0,91–0,98 корм. ед. Отличается высоким содержанием сахаров в зеленой массе. Высокослый, высота растений 270–340 см. Белосемянный.

## Вопросы к главе 11

1. Чем определяется ценность семян подсолнечника?
2. Охарактеризуйте жирнокислотный состав масла семян подсолнечника.
3. Каких результатов добился академик В. С. Пустовойт при работе с подсолнечником?
4. Как получают масло из маслосемян?
5. Перечислите показатели, характеризующие качество жира.
6. Охарактеризуйте группы сортов и гибридов подсолнечника.
7. Какие могут быть пути повышения масличности семян подсолнечника?
8. Опишите методы определения масличности.
9. Ведется ли селекция на повышение содержания и качество белка у подсолнечника?
10. Какие показатели характеризуют физико-технологические качества семян подсолнечника?
11. Какую роль играет фитомелановый слой в перикарпии семян подсолнечника?
12. Опишите методы определения лужистости семян подсолнечника.
13. Какие селекционные учреждения ведут селекцию подсолнечника?

## Глава 12 КАРТОФЕЛЬ

Картофель – важнейшая культура разностороннего использования. Роль картофеля в питании человека очень велика. В России его по праву называют вторым хлебом. Определенная доля урожая используется для приготовления замороженных полуфабрикатов, сухого картофельного порока, хрустящего картофеля, чипсов и т. д.

В 100 г клубней картофеля содержится 15,7 г углеводов; 1,5 г протеина; 1,2 г жира; 600 мг калия; 60 мг фосфора; по 10 мг натрия и кальция; 0,8 мг железа; витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и С. Ежедневное употребление человеком 300 г вареного картофеля позволяет удовлетворить суточную потребность в витамине С на 60, витамине В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> – на 5, фосфоре и белке – на 10–15, марганце – на 30 и калии – на 100%.

Из 1 т картофеля с содержанием крахмала 17,6% можно получить 112 л спирта, 170 кг крахмала, 50 кг глюкозы.

Картофель – ценный корм для животных. Он усваивается на 85–95%. В кормлении используются и продукты переработки картофеля – мезга и барда. В 100 кг клубней содержится 29,5, а свежей мезге – 13,2 корм. ед.

По литературным данным, в мире создано более 14 тысяч сортов картофеля. На продовольственные цели используется 52% производимого картофеля, на корм – 34, на семена – 4 и на технические цели – около 4%.

### 12.1. Химический состав клубней картофеля

Химический состав клубней непостоянен. Он сильно изменяется в зависимости от сорта, погодных, агротехнических и почвенных условий возделывания, степени зрелости клубней, условий и длительности их хранения.

Крахмал – основное запасное вещество в клубнях. Содержание его колеблется у раннеспелых сортов от 11 до 14%, среднеспелых – от 14,1 до 17,0, у позднеспелых – от 18 до 20% и выше. Обычно зрелые средние и крупные клубни массой 80–150 г содержат крахмала на 1,5–2,0% больше, чем мелкие и недозрелые.

С высоким содержанием крахмала население России традиционно связывает хорошие вкусовые качества клубней, их рассыпчатость и мучнистость.

В клетках клубня крахмал откладывается в виде зерен величиной от 20 до 40 мкм, причем процентное соотношение мелких и крупных зерен является сортовым признаком. Наибольший диаметр крахмальных зерен имеют позднеспелые продовольственные и технические сорта.

Наиболее богаты крахмалом внутренние клетки коры и внешние клетки сердцевинки. При этом пуловинная часть клубня содержит крах-

мала на 2-3% больше, чем верхушка. Взаимосвязь крахмалистости и формы клубней изучена слабо.

**Крахмалистость** – сортовой признак, проявление которого во многом определяется условиями вегетации и технологией возделывания. Установлено, что накопление крахмала идет под контролем небольшого числа аддитивно действующих генов.

Равные и среднеспелые сорта более интенсивно накапливают крахмал при температуре 17-20°C и достаточном количестве влаги в почве. Дефицит влаги в период интенсивного роста клубней приводит к снижению их массы, но содержание крахмала может быть более высоким. Отрицательно влияет на процесс накопления крахмала дождливая погода. На переувлажненных тяжелых почвах крахмалистость клубней обычно на 3% меньше, чем на легких суглинках.

Картофельный крахмал состоит из переваримого и непереваримого компонентов. В сыром картофеле содержание второго компонента, который называют устойчивым крахмалом, значительно, но он не усваивается. Это связано с особым строением его молекул. После варки переваримость достигает 90%, но доля устойчивого крахмала снижается до 1-6%. Попадая в непереваренной форме в толстую кишку, этот крахмал служит субстратом для питания бактерий, которые синтезируют бутират – особое вещество, отрицательно действующее на развитие раковых клеток.

Создание сортов с модифицированной структурой крахмала является очень важным для диетического питания человека.

**Сахара.** Содержание сахаров в картофеле колеблется от 0 до 8%, что связано с постоянным превращением крахмала в сахарозу и наоборот. В зрелом картофеле сахаров очень мало (доли процента). Важное место среди них занимают редуцирующие сахара, содержание которых во многом обуславливают пригодность сорта к промышленной переработке. В клубнях их содержание не должно превышать 0,5%. Подмороженные и перезимовавшие клубни часто имеют от 5 до 8% сахаров.

**Пектиновые вещества** представлены растворимым пектином и протопектином, большая часть которых (4,2% на сухое вещество) содержится в кожуре клубня. Пектины склеивают волокна клеточных стенок и придают прочность тканям. В процессе хранения количество растворимого пектина увеличивается, а протопектина – уменьшается.

**Клетчатка,** из которой состоят клеточные оболочки, содержится в клубнях в небольшом количестве – от 0,2 до 3,5%, причем большая часть ее находится в кожуре и сосудисто-волокнистых пучках.

**Липиды** – это жиры и жироподобные вещества, входящие в число основных компонентов клеточных мембран. Содержание их в клубнях невелико – от 0,004 до 1,0%, но они в значительной степени определяют потребительские качества картофеля. Чем меньше в клубнях ненасыщенных жирных кислот, тем вкусовые качества выше.

**Азотистые вещества** представлены белками, аминокислотами, витаминами, гликозидами и минеральными соединениями. Содержание общего азота в сыром веществе клубней колеблется от 0,3 до 0,5%. Это важный показатель качества клубней. Накоплению азотистых веществ способствуют азотные удобрения, повышенная температура, дефицит влаги. Отмечена обратная зависимость между содержанием азотистых веществ и крахмала.

**Белок картофеля** (туберин) биологически полноценнее белков хлебных злаков благодаря оптимальному соотношению незаменимых аминокислот. Содержание белка колеблется от 0,8 до 1,7% на сырую и от 3,2 до 6,8% на сухую массу. Если питательную ценность куриного белка принять за 100%, то у картофеля этот показатель – 85, а у пшеницы – 64%. Это связано, прежде всего, с повышенным содержанием в нем лизина и метионина.

**Нитраты**, поступившие из почвы, участвуют в обмене веществ и используются для образования аминокислот, белков и т. д. При избыточном азотном питании, особенно при недостатке фосфора и калия, нитраты могут откладываться в клубнях. Обычно их больше накапливается в молодых клубнях ранних сортов, в созревших клубнях нитратов в 1,5–2,0 раза меньше. Отложению нитратов способствуют раннее поражение растений фитофторой, дождливая погода, ранняя уборка. Нитраты могут сделать продовольственный картофель вредным для здоровья. Во многих странах введены нормы ПДК (предельно допустимое количество) на содержание этих веществ: в Чехии и Словакии – 200 мг на кг сырых клубней, Белоруссии – 240; России – 250.

**Гликоалкалоиды** (гликозиды) картофеля – ядовитые вещества, содержащиеся в его клубнях и других вегетативных органах. Это шесть разных соединений, основными из которых являются  $\alpha$ -соланин и  $\alpha$ -чаконин. Некоторые сорта, полученные при отдаленной гибридизации, содержат также демиссин, лептин, томатин и другие. Обычно содержание соланина и чаконина в сырых клубнях составляет 0,005–0,01% (5–10 мг%). В основном эти вещества сосредоточены в наружном слое кожуры и большая часть их отторгается с очистками. Соланин и чаконин хорошо растворяются в воде, и значительная доля их разрушается при варке на пару на 65%, в воде – на 85%.

Доза алкалоидов 0,2–0,4 г летальна для человека. Не рекомендуется использовать в пищу клубни, содержащие более 20 мг%, особенно, если картофель сварен в кожуре.

**Зольные элементы** – это минеральные вещества и химические элементы, участвующие в процессах жизнедеятельности, их более 20. К макроэлементам относятся: калий, кальций, натрий, магний, а также сера, фосфор и хлор; к микроэлементам – железо, марганец, медь, молибден, цинк, хромий, йод, бор и др. (табл. 56).

## Содержание минеральных веществ в 100 г сырой массы клубней

Минеральные вещества	Содержание, мг/100 г	Минеральные вещества	Содержание, мг/100 г
Калий	445,0	Марганец	0,15
Кальций	10,0	Медь	0,15
Фосфор	50,0	Цинк	0,27
Магний	25,0	Фтор	0,01
Натрий	10,0	Йод	0,004
Железо	0,8	Селен	0,004–0,020

Зола картофеля почти на 70% представлена калием и имеет щелочную реакцию. Большая часть (73%) зольных элементов находится в растворенном состоянии, меньшая же входит в состав ферментов, витаминов, белков и других веществ. Соединения калия, кальция и магния в основном выкашливаются в кожуру.

**Органические кислоты,** играющие важную роль в процессе дыхания, представлены, главным образом, лимонной (55%), щавелевой и яблочной (27%) кислотами. Остальная доля приходится на винную, пировиноградную, малоновую, хлорогеновую и другие кислоты. Обычно у ранних сортов картофеля органических кислот меньше, чем у поздних и составляет: лимонной кислоты – от 250 до 420 мг, щавелевой – от 80 до 110, яблочной – от 65 до 90 мг на 100 мл клеточного сока. В процессе хранения картофеля содержание лимонной кислоты уменьшается, а яблочной – увеличивается.

**Витамины.** Картофель является ценным источником витамина С (10–20 мг% и более), группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>), РР и каротиноидов. В процессе варки от 10 до 20% витамина С теряется. При ежедневном употреблении в пищу 300 г картофеля суточная потребность в витамине С удовлетворяется на 60–70%, В<sub>6</sub> – на 36, В<sub>1</sub> – на 20, пантотеновой кислоте – на 16, в витамине В<sub>2</sub> – на 8%.

**Пигменты.** Наиболее важная группа водорастворимых пигментов в растениях представлена антоцианами. Они ответственны за красный, фиолетовый и синий цвет кожуры и мякоти клубней. Эти пигменты являются источником антиоксидантов, благодаря их способности освобождать свободные кислородные радикалы в организме человека. Диета, богатая антиоксидантами, снижает риск развития атеросклероза, раковых заболеваний, катаракты и т.д.

Каротиноиды – лютеин, зеаксантин и др., относящиеся к группе ксантофиллов.

**Клеточный сок** – это жидкость, содержащаяся в вакуолях клеток. В 100 мл сока содержится 395–621 мг органических кислот и 11,2–17,8 мг

витамина С, в растворенном состоянии присутствуют также белок, пигменты и другие вещества.

Плотность картофельного сока составляет 1,17–1,027 г/см<sup>3</sup>. Отмечена тесная корреляция между плотностью клеточного сока и содержанием сухих веществ ( $r = 0,76-0,86$ ). Состав клеточного сока изменяется в зависимости от сорта, возраста, условий выращивания и хранения.

При переработке 100 т картофеля на крахмал, из сока, который обычно идет в отходы, можно получать путем тепловой коагуляции до 1 т кормового белка.

## 12.2. Основные требования, предъявляемые к сортам картофеля

В России сорта картофеля по спелости разделены на 5 групп: ранние, среднеранние, среднеспелые, среднепоздние и поздние. Все они должны обладать целым рядом свойств, удовлетворяющих разнообразные требования потребителя.

Наиболее важные из них следующие:

- определенная форма клубней и мелкое залегание глазков;
- разнообразие клубней по форме и размерам;
- определенное содержание сухого вещества;
- низкий уровень гликоалкалоидов;
- цвет кожуры, пользующийся спросом у потребителя;
- желаемый и неизменный цвет мякоти;
- устойчивость к повреждению при механизированной уборке и сортировке;
- требуемая текстура, вкус и запах;
- пригодность к хранению;
- пригодность к той или иной переработке, столовому использованию;
- отсутствие потемнения клубней после чистки и термической переработки клубней;
- высокие кулинарные качества.

## 12.3. Физические признаки и свойства клубней

**Форма клубня** – сортовой признак, который варьирует в зависимости от условий выращивания. Только в рыхлой почве клубень образует форму характерную для сорта. Как правило, она определяется отношением длины к ширине. Согласно указаниям UPOV приняты следующие обозначения (табл. 57).

По отношению ширины к толщине клубни бывают плоские и хорошо выполненные. У населения популярны сорта с овальными клубнями – их удобно чистить. Округлая форма предпочтительна для механизированной уборки. Для промышленной переработки наиболее пригодны сорта, у

которых клубни круглой, округлой или продолговато-овальной формы. Округлая форма клубней доминирует над округло-овальной и длинной и контролируется несколькими генами.

Таблица 57

### Форма клубней

Форма клубней	Отношение длина/ширина
Круглая до округлой	1,09 и менее
Округлая до продолговато-овальной	1,1–1,39
Продолговато-овальная до длинной	1,4–1,69
Длинная	1,7–1,99
Очень длинная	2 и более

**Размеры клубней.** По средней массе товарных клубней сорта разделяют на мелкоclubневые – 60–90 г, среднеclubневые – 90–110 г и крупноclubневые – 110–215 г. В зависимости от назначения изменяются и требования к размеру клубней.

Оптимальными считаются клубни массой 150–200 г, поскольку у них получается меньше отходов при очистке. Для переработки наиболее пригодны клубни диаметром 50–90 мм, с гладкой поверхностью, без трещин и углублений. Как правило, конкретные параметры клубня, в решающей степени, определяются целью использования картофеля.

**Кожа клубней** (или перидерма) может быть гладкой, шелушащейся и сетчатой. Толщина ее зависит от сорта и условий выращивания. В относительно сухой почве, а также при внесении калийных и азотных удобрений, формируются клубни с более тонкой кожурой. Фосфорные удобрения способствуют утолщению перидермы. Поздние сорта, как правило, имеют более мощную кожуру.

**Окраска кожуры** клубня у сортов может быть белой, светло-желтой, розовой, красной и сине-фиолетовой разных оттенков. Она зависит от количества антоциана в слое клеток, лежащем непосредственно под кожурой. Для производства темная окраска клубней неприемлема.

**Количество и глубина залегания глазков.** Сорта картофеля по глубине залегания глазков принято делить на 5 классов:

- очень плоские – 1,0 мм и менее;
- плоские – 1,1–1,3 мм;
- среднеглубокие – 1,4–1,6 мм;
- довольно глубокие – 1,7–1,9 мм;
- очень глубокие – 2,0 мм и более.

Для переработки предпочтительно использовать сорта, относящиеся к первым трем классам, с небольшим числом глазков (5–7) на клубне. При технологической обработке они дают меньше отходов. Допустимые отходы должны быть не более 15%.

## 12.4. Технологические показатели клубней

**Устойчивость клубней к механическим повреждениям** – один из основных факторов, определяющий пригодность сорта к возделыванию и последующему использованию. Механические повреждения разделяются на внешние (обдир кожуры, трещины) и внутренние (потемнение мякоти). При повреждении клубней снижается качество картофеля, увеличиваются отходы при его хранении и переработке.

Испытание сортов на устойчивость к механическим повреждениям проводится во время уборки, используют как полевой (комбайновый тест), так и лабораторный методы (с применением прибора динамической прочности). В случае использования второго метода, от каждого сорта отбирают пробу клубней (не менее 50 шт. от 10 кустов), наносят на них ударные нагрузки на приборе динамической прочности, а затем закладывают на десятидневное хранение при комнатной температуре. По истечении этого срока определяют процент клубней с высокой (потемнение мякоти в месте удара отсутствует) и средней (потемнение до 3 мм) устойчивостью. Более устойчивы к механическим повреждениям сорта, имеющие клубни округлой формы с прочными покровами.

**Лежкоспособность** картофеля является важным показателем сохранности клубней в послуборочный период. Он определяется по величине отходов после хранения клубней. При этом отмечается и продолжительность покоя клубней.

**Цвет мякоти** всегда учитывается при оценке качества продуктов из картофеля. У сортов он варьирует от белого до желтого. Сравнительно недавно за рубежом в продаже появились сорта картофеля с пигментированной мякотью. Содержание антоцианов у таких сортов колеблется в пределах от 9,5 до 37,8 мг на 100 г мякоти (табл. 58).

Таблица 58

### Содержание антоцианов и каротиноидов в картофеле и других культурах

Культуры	Содержание, мг/100 г мякоти
Антоцианы	
Картофель:	
мякоть красная	19,8–37,8
мякоть красная и желтая	9,5–17,9
мякоть фиолетовая	17,0–20,1
Капуста красная	25
Земляника	15–35
Каротиноиды	
Картофель:	
мякоть белая	40–101
мякоть желтая	40–250
мякоть ярко-желтая	509–795

Культуры	Содержание, мг/100 г мякоти
Каротиноиды	
Капуста брокколи	3225
Морковь	13458

Высокое содержание антоциана у сортов с окрашенной мякотью позволяют поставить картофель в один ряд с такими ценными овощными культурами, как брокколи, красный болгарский перец, шпинат, известными своими антиоксидантными свойствами.

Во многих странах мира уже давно популярен картофель с желтой мякотью, благодаря высокому содержанию каротиноидов (101–250 мг на 100 г свежей мякоти). Современные исследования подтверждают возможность создания сортов с ярко-желтой и оранжевой мякотью, которые содержат 500–800 мг каротиноидов на 100 г свежей мякоти. Сравнительно недавно в ВИР были созданы первые гибриды с цветной мякотью клубней.

Установлено, что желтая окраска мякоти доминирует над белой и контролируется одним доминантным геном и полигенами, от количества которых зависит ее интенсивность. Красная или синяя окраска мякоти определяется двумя комплементарными генами *C* и *Y*, отвечающими за образование антоциана, и геном *Z*, ингибирующим этот процесс.

Содержание сухих веществ является одним из основных факторов, определяющих потребительские и технологические свойства картофеля. Накопление сухих веществ в клубнях зависит от комплекса факторов, основным из которых является сорт, его биологические особенности. Значительное влияние на этот процесс оказывают погодные условия периода вегетации и технология возделывания (табл. 59).

Таблица 59

**Исходное содержание сухих веществ и редуцирующих сахаров в клубнях картофеля разных групп спелости (по данным ВНИИКС, время определения – сентябрь)**

Сорт	Группа спелости	Тип почвы			
		Легкая сугесь		Средний суглинок	
		Содержание, %			
		сухих веществ	редуцирующих сахаров	сухих веществ	редуцирующих сахаров
Удача	Ранний	19,1	0,26	20,6	0,22
Жуковский ранний		16,1	0,23	19,1	0,16
Невский	Средне-ранний	16,5	0,21	20,1	0,20
Белоснежка		24,9	0,21	26,2	0,18
Эффект		21,8	0,19	24,0	0,25

Сорт	Группа спелости	Тип почвы			
		Легкая супесь		Средний суглинок	
		Содержание, %			
		сухих веществ	редуцирующих сахаров	сухих веществ	редуцирующих сахаров
Голубизна	Средне-спелые	21,8	0,27	25,4	0,25
Бронницкий		21,8	0,19	24,6	0,18
Белоусовский	Средне-поздние	18,4	0,19	23,2	0,31
Осень		20,8	0,26	24,8	0,27

Определение сухих веществ и крахмалности клубней связано с их удельной массой, определение которой осуществляют двумя путями: по соотношению массы клубней в воздухе и в воде и путем погружения клубней в соляной раствор известной концентрации. При использовании первого метода, клубни с удельной массой равной 1,0776 г/см содержат 19,2% сухих веществ и 13,4% крахмала, а при использовании второго – 20 и 14% соответственно.

При наличии небольшого количества селекционного материала содержание сухих веществ в клубнях определяют путем высушивания навески массой 10 г в сушильном шкафу. Для производства обжаренных продуктов пригодны сорта с содержанием сухих веществ 20–23%, а для приготовления картофельного шпоре их должно быть более 24%.

Содержание редуцирующих сахаров в клубнях принимается во внимание при производстве обжаренных продуктов. Являясь сильными окислителями, они взаимодействуют с простыми пептидами и азотсодержащими веществами и образуют темно-коричневые с рубиновым оттенком меланоидиновые соединения. В результате ухудшается внешний вид и снижается качество продукта. Поэтому содержание редуцирующих сахаров в сырье регламентируют. Для производства чипсов пригодны сорта, имеющие в сырых клубнях не более 0,2–0,4% этих веществ.

Содержание редуцирующих сахаров в клубнях является сортовым признаком, однако он не остается постоянным и изменяется в зависимости от условий выращивания и хранения (табл. 59).

**Устойчивость к потемнению мякоти** – важный сортовой признак. Потемнение мякоти сырых клубней происходит в результате ферментативного окисления аминокислоты тирозина в меланин (черного цвета).

Потемнение после варки вызывается образованием комплекса трехвалентного железа с хлорогеновой кислотой, которая переходит в свободное состояние и становится активной для взаимодействия при темпе-

туре 80°C. В клубнях содержится и лимонная кислота, взаимодействие с железом дает бесцветное соединение.

Соотношение лимонной и хлорогеновой кислот определяет степень потемнения мякоти клубня после варки. Чем оно больше, тем меньше склонность к потемнению. Этот показатель зависит от сорта, агротехнико-почвенно-климатических условий и условий хранения. Установлено, что избыток азота, холодная и влажная погода, хранение при температуре усиливают потемнение мякоти клубня.

В селекции оценку сортов по этому показателю можно проводить с ранних этапов. Для этого типичный клубень (лучше – несколько) режут пополам, одну половинку варят на пару для определения изменения цвета в вареном виде, а другую – оставляют на сутки на свету и определяют степень потемнения мякоти в сыром виде. В серийных исследованиях сорта оценивают по изменению окраски картофельной каши, при этом первое определение проводят немедленно, а последующее – через 10 мин, через 1 и 3 часа.

**Развариваемость** клубней в первую очередь зависит от химического состава клеточных оболочек, силы межклеточного сцепления и размеров крахмальных зерен. Чем больше содержание нерастворимого пектина в клеточных оболочках, тем хуже разваривается картофель.

Способность картофеля рассыпаться при варке обусловлена неравномерностью распределения сухих веществ в клубне и различием размеров клеток.

**Консистенция** клубней после варки также зависит от размера крахмальных зерен. Если их размер меньше 20 мкм или очень большой – 100 мкм, то клетки за счет набухания крахмальных зерен разрываются и картофель превращается в полужидкую массу.

**Вкусовые и ароматические свойства** клубней определяются, прежде всего, соотношением содержания аминокислот и сахаров. Привкус клубней обуславливают ненасыщенные жирные кислоты, которые составляют 55–75% от всех жирных кислот, содержащихся в липоидах. При варке сортов вкус вареного картофеля определяется органолептически через 5–10 мин после очистки от кожуры и оценивается по 5-балльной шкале. Хороший вкус соответствует 4 баллам.

Как правило, в процессе хранения содержание аминокислот, амидов, ненасыщенных жирных кислот возрастает, и вкус картофеля улучшается.

**Пригодность** сорта к промышленной переработке определяется при изготовлении картофелепродуктов (чипсов, сухого картофельного и сушеного картофеля) в лабораторных условиях согласно методическим указаниям НИИКХ (В. П. Кирюхин и М. М. Чеголина, 1983) и используемой их оценки по ряду показателей.

## 12.5. Сорта картофеля

В Государственный реестр РФ на 2016 г. включено 409 сортов картофеля. По потребительскому назначению их делят на столовые и универсальные. Для каждой группы сортов характерны свои признаки и свойства.

### Столовые сорта

Форма клубней – от округлой до удлинённо-овальной; глазки мелкие; вкус хороший; мякоть белая или желтая, при резке и после варки не темнеет; содержание крахмала – от 10 до 16% и выше; масса клубней – от 60 до 150 г.

Среди столовых сортов выделяют:

– *салатный* – клубни не развариваются, имеют зернистую структуру, низкое содержание крахмала и высокие вкусовые качества;

– *столовый со связной мякотью* – наиболее популярный тип столового картофеля. Клубни развариваются незначительно, обладают мелкозернистой структурой и хорошими вкусовыми качествами;

– *столовый муцистый разваристый картофель* с крупнозернистой структурой и довольно рассыпчатой мякотью. Клубни пригодны для приготовления большинства блюд;

– *муцистый крупнозернистый картофель* с очень рассыпчатой мякотью и низкими вкусовыми качествами. Сорта такого типа используют для приготовления пюре, печеных клубней, на корм скоту и на технические цели.

**Алёна.** Сорт создан в Сибирском НИИСХ. Ранний, столового назначения и для производства хрустящего картофеля. В Государственном реестре с 2000 г.

Клубни красные, глазки мелкие, мякоть белая. Товарность 81–97%. Масса товарного клубня 86–167 г. Крахмалистость 15–17%. Вкусовые качества и сохранность от средней до хорошей.

**Архидея.** Сорт создан в НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. В Государственном реестре с 2002 г.

Среднеранний, столового назначения. Товарная урожайность 16,9–29,4 ц/га. Клубень округлый, с мелкими глазками, кожура гладкая, желтая, мякоть желтая. Масса товарного клубня 93–151 г. Содержание крахмала 15,7–21,4%. Вкус хороший и отличный. Товарность 86–97%. Лежкость 98–99%.

**Голубизна.** Сорт создан в ВНИИКС. Среднеспелый, столового назначения и для переработки на пюре, хрустящий картофель и крахмал. В Государственном реестре с 1993 г.

Клубни светло-бежевые. Мякоть белая, не темнеющая при резке и варке. Урожайность 40–50 ц/га, товарность 91–95%. Масса клубня 90–110 г. Крахмалистость 17–19%. Вкус отличный, при варке рассыпчатый. Лежкость от средней до хорошей.

**Жуковский ранний.** Сорт создан во ВНИИКС. Очень ранний, столового назначения и для переработки на хрустящий картофель в осенний период. В Государственном реестре с 1993 г.

Клубни розовые, глазки красные. Мякоть белая, глазки мелкие. Товарность 90–92%. Масса товарного клубня 100–120 г. Крахмалистость 10–12%.

**Удача.** Сорт создан во ВНИИКС. Раннеспелый, столового назначения. В Государственном реестре с 1994 г.

Клубни овальные, с тупой верхушкой и плоским столовым следом. Кожура гладкая. Глазки мелкие. Мякоть белая. Масса товарного клубня 78–122 г. Содержание крахмала 11,0–16,9%. Вкус хороший. Лежкость 84–96%.

**Ред Скарлетт.** Сорт голландской селекции. Раннеспелый, столового назначения. В Государственном реестре с 2000 г.

Клубень удлиненно-овальный, с мелкими глазками. Кожура красная. Мякоть желтая. Масса товарного клубня 56–102 г. Содержание крахмала 10,1–15,6%. Вкус удовлетворительный. Лежкость 98%.

#### **Универсальные сорта**

**Гарант.** Сорт создан в ИПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодощевоводству. Среднепоздний, пригоден для переработки на крахмал, производства различных полуфабрикатов и хрустящего картофеля. В Государственном реестре с 2002 г.

Товарная урожайность 19–25 ц/га. Клубень овально-округлый, с мелкими глазками, кожура гладкая, желтая. Мякоть кремовая. Масса товарного клубня 95–132 г. Содержание крахмала 18,5–21,5%. Вкус хороший и отличный. Товарность 81–96%. Лежкость 85–98%.

**Ласунак.** Сорт создан в ИПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодощевоводству. Позднеспелый, универсального использования. Возделывается в производстве с 1988 г.

Клубни округло-овальной формы, крупные, кожура светло-желтая, мякоть кремовая, глазки средней глубины. Содержание крахмала 15–22%. Вкус хороший и отличный. Лежкость удовлетворительная и хорошая. Пригоден для производства картофельного сухого порошка, чипсов, замороженного картофеля, спирта и крахмала.

**Ситанок Киевский.** Сорт создан в Институте картофелеводства Украинской Академии аграрных наук. Среднеранний, универсального использования. Возделывается в производстве с 1987 г.

Клубни округлые, крупные, кожура розовая, мякоть кремовая, глазки мелкие. Товарность хорошая, содержание крахмала 16–19%, вкус отличный.

**Удалец.** Сорт создан совместно ВНИИКС и Кемеровским НИИСХ. Среднеспелый, универсальный. В Государственном реестре с 2006 г.

Товарная урожайность 21–49 ц/га. Клубень овальный, с очень мелкими глазками, кожура гладкая, желтая, мякоть белая. Масса товарного клубня 177–392 г. Содержание крахмала 12,3–16,2%. Вкус хороший. Лежкость 94%. Товарность 86–91%.

## Вопросы к главе 12

1. Чем определяется ценность картофеля как продукта питания?
2. Каково содержание крахмала у сортов картофеля разных групп спелости?
3. Какие ядовитые вещества образуются в кожуре клубней картофеля на свету?
4. Какими витаминами богаты клубни картофеля?
5. Охарактеризуйте физиологическую ценность водорастворимых пигментов в клубнях картофеля.
6. Перечислите основные требования к сортам картофеля для промышленной переработки.
7. В чем причина потемнения мякоти вареного и сырого картофеля?
8. Почему при переработке картофеля на чипсы строго контролируют содержание редуцирующих сахаров в клубнях?
9. Назовите столовые и универсальные сорта картофеля отечественной селекции.
10. Какие селекционные учреждения занимаются селекцией картофеля?

## Глава 13 ТРИТИКАЛЕ

Тритикале (*×Triticosecal* Wittm.) – синтетическая культура, объединяющая в своем геноме полные геномы родительских видов – пшеницы (геномы AABB, AABBDD) и ржи (геном RR). Тритикале бывают тетраплоидные (геномы AARR или BBRR), гексаплоидные (геном AABBRR) и октоплоидные (геном AABBDDRR). В производстве имеются только вторичные гексаплоидные тритикале. Поэтому и селекция на качество продукции ведется среди представителей только этой группы.

Тритикале – это, в основном, кормовая культура, у которой по прямому назначению можно использовать зеленую массу и зерно. Однако в настоящее время зерно тритикале предлагается использовать и в других целях. Направления использования продукции тритикале представлены на рисунке 25.

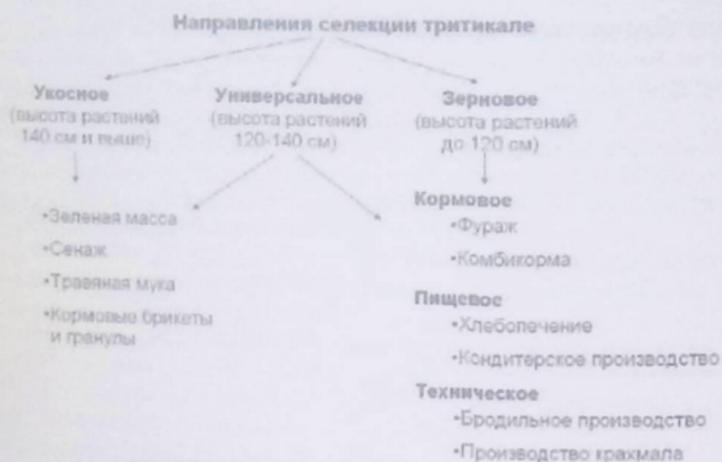


Рис. 25. Направления селекции тритикале

Культура тритикале в сравнении с исходными видами обладает рядом хозяйственно-ценных признаков – повышенной урожайностью, устойчивостью к некоторым болезням, толерантностью к кислым почвам, повышенным содержанием белка и лизина в зерне, что обуславливает его высокие кормовые достоинства (Беркутова, 1991).

Первые созданные человеком тритикале имели комплекс нежелательных признаков: высокорослость, которая провоцировала полегание, позднеспелость, пониженная завязываемость зерна, его низкое качество (морщинистость, плохая выполненность, высокая амилолитическая ак-

тивность, склонность к предуборочному прорастанию в колосе). В настоящее время, благодаря усилиям генетиков и селекционеров, многие недостатки этой культуры преодолены. Однако улучшение качества зерна все еще остается одной из важнейших проблем в селекции тритикале.

### 13.1. Укосное направление селекции тритикале

Сорта озимой тритикале укосного направления используют в зеленом конвейере для кормления животных после скашивания на эти цели озимой ржи (Грабовец, 2000). Они обладают высоким потенциалом урожайности зеленой массы от 30–50 до 85–90 т/га (Медведев и др., 2017).

Зеленая масса тритикале является сырьем для получения раннего силоса, а также для приготовления консервированного корма – сенажа и концентратов в форме травяной муки, кормовых брикетов и гранул (Беркутова, 1991). Для приготовления сенажа часто используют смеси тритикале с бобовыми компонентами, злаковыми травами. По кормовым единицам комбинированные тритикалевые сенажи не уступают силосу из кукурузы, а по содержанию переваримого протеина они превышают его в 2–3 раза (Грабовец, 2009).

Озимая тритикале, скошенная в фазе молочно-восковой спелости, является основным компонентом при приготовлении зерносенажа, который по кормовым единицам и переваримому протеину в 1,4–2 раза превышает зерносенаж из ржи, ярового ячменя, кукурузы на силос (Медведев и др., 2017).

Сорта укосного направления должны обладать высокой способностью к весеннему отрастанию, мощной кустистостью, высокой облиственностью побегов (доля листьев должна составлять не менее 25–30%), способностью к пониженной лигнификации стеблей, высокорослостью (140 см и выше), устойчивостью к полеганию и грибным болезням (Пыльнев и др., 2016). Полученная зеленая масса должна характеризоваться высокими кормовыми достоинствами, включающими повышенное содержание белка и незаменимых аминокислот в нем, прежде всего, лизина, и пониженное – клетчатки. Содержание белка и клетчатки в зеленой массе тритикале зависит от сортовых особенностей, почвенно-климатических условий региона, условий возделывания. Оно варьирует в широких пределах: белка – 11–18%, клетчатки – 24–36% (Юсова, 2016).

По данным исследований, проведенных в Ставропольском НИИСХ, зеленая масса тритикале содержит в 3 раза больше каротина и в 1,5–2 раза больше сахара, чем рожь, превосходит пшеницу по содержанию переваримого протеина и незаменимых аминокислот (лизина, гистидина, аргинина, треонина, валина, метионина, лейцина, фенилаланина) (Медведев и др., 2017).

Исследования, проведенные в различных почвенно-климатических условиях, показали, что наиболее ценным по кормовым достоинствам

мируется иначе, поскольку в него входят компоненты, определяемые как геномом пшеницы, так и геномом ржи. Это белки, углеводы (крахмал, пентозаны), клетчатка, зольные элементы и др.

На технологические качества пшеничной муки главным образом влияет качество клейковины, белково-протеиназный комплекс, ржаной – состояние углеводно-амилазного комплекса (особенно крахмала) (Казюков, Кретович, 1989). Для тритикале имеют значение оба компонента зерновки (Беркутова, 1991). При выпечке около 80% воды связывается крахмалом (Гончаренко, 2014).

**Белки в эндосперме тритикале.** У тритикале имеется множество белков разной функциональной направленности – структурных, защитных, запасных и т.д. Многие из них являются ферментами и обеспечивают жизнедеятельность клеток в период формирования и налива зерна, а также развития молодого растения при прорастании семени (Бободжанов и др., 1988). Фракция альбуминов у тритикале детерминирована геномом ржи. Именно сюда входит основная часть ферментов (в том числе протеолитических) (Гончарова, 1995). Среди водорастворимой фракции белков семян тритикале, ржи и пшеницы обнаружены системы ингибиторов трипсина, химотрипсина и тиаоловых протеиназ (Гончарова, 1995).

При прорастании зерна запасные белки переводятся в растворимое состояние при помощи ферментов эндопептидаз. Отличие между тритикале, рожью и пшеницей по группе эндопептидаз хорошо заметно на стадии зрелого семени в электрофоретических спектрах. При прорастании эндопептидазы проявляют более высокую активность в зерне ржи и тритикале в сравнении с пшеницей (Гончарова, 1995).

**Ферменты** – это белки, являющиеся биологическими катализаторами, ускоряющими течение биохимических реакций. Они обладают высокой специфичностью и играют важнейшую роль в процессах обмена веществ (Плешков, 1985). Главными ферментами процесса прорастания являются: нитратредуктаза, эндопептидаза,  $\beta$ - и  $\alpha$ -амилазные комплексы, общая амилолитическая, и  $\beta$ -глюконазная активность, общее содержание протеиназ, кислого трикальцефосфата, которые изменяют целый эндосперм зерна (Gubler et al., 2005). Самой первой из них проявляет свою активность  $\alpha$ -амилаза, разрушая амилопектин крахмальных зерен.

Содержание белка у тритикале аналогично родительским видам. Оно зависит от почвенно-климатических условий выращивания и агротехники. Первые тритикале обладали очень высоким содержанием белка в зерне – свыше 20%. Однако это было результатом сильной морщинистости зерновки, связанной со слабой выполненностью эндосперма. Поскольку в эндосперме откладывалось небольшое количество крахмала, то относительное содержание суммарного белка, заключенного в алевроновом слое и эндосперме, оказывалось сильно завышенным.

Селекционная работа привела к улучшению физических качеств зерна тритикале и понижению содержания белка (Крохмаль, Грабовец,

2012). Современные сорта имеют хорошо выполненное, стекловидное зерно. Содержание белка у них колеблется в пределах 10–17%, в среднем составляя 11–13%.

Белок тритикале является более полноценным по аминокислотному составу в сравнении с пшеницей. Он обладает пересвариваемостью на уровне пшеницы (90,3 и 89,3% соответственно) (Беркутова и др., 2008). Этим определяются его кормовые и пищевые достоинства.

Зерно кормовых сортов тритикале должно обладать высоким содержанием белка, при этом наличие клейковины необязательно.

Для хлебопекарных тритикале важно иметь не только высокое содержание белка, но и клейковины высокого качества, что для тритикале трудно достижимо. У большинства сортов тритикале содержание клейковины низкое – 10–17% (Мальцев, 2015). Однако имеются сорта с высоким содержанием белка и клейковины – 26% (Копусь и др., 2016).

Качество клейковины большинства сортов тритикале соответствует слабой пшенице. Поскольку качество зерна тритикале определяется геномами родительских видов – пшеницы и ржи, то для более ясного представления о качестве зерна этой гибридной культуры следует рассмотреть, какие составные элементы формируют клейковину тритикале.

В состав запасных белков тритикале входят глиадины и глютелины пшеницы и секалины ржи (Грабовец и др., 2016). Клейковина пшеницы представляет собой вязкую нерастворимую белковую массу. Формированию клейковины ржи препятствуют пентозаны, сильно разбухающие в тесте. Они превращаются в слизи, обволакивают белковые молекулы, которые становятся неспособными объединяться. В зерне тритикале имеются все перечисленные компоненты, причем у разных сортов их соотношение сильно варьирует.

Известно, что хлебопекарные пшеницы – это гексаплоидные виды с геномной формулой AABBDD (пшеница мягкая, пшеница шарозерная, пшеница спельта и др.). Высокие хлебопекарные качества этой группы пшениц обусловлены наличием субгенома D, привнесенного в них от дикого вида *Aegilops tauschii*. Максимальное значение имеют хромосомы 1D, 5D и 6D, в которых локализованы геновые кластеры, отвечающие за формирование клейковинных белков. Кроме них влияние на технологические качества зерна тритикале оказывают хромосомы 1A, 1B и 1R (Грабовец и др., 2012).

В коротком плече хромосомы 5D локализован рецессивный ген *ha*, детерминирующий синтез специфических белков (фриабиллинов), которые образуют белковый матрикс, определяющий высокую плотность упаковки крахмальных зерен, что в итоге формирует твердое зерно. Твердозерность является одним из важных признаков хлебопекарной пшеницы. У тритикале зерно намного мягче пшеничного (Копусь, Грабовец и др., 2016).

Геном гексаплоидной тритикале включает субгеномы пшеницы А и В, характерные для тетраплоидных видов. Субгеном D отсутствует, что негативно сказывается на хлебопекарных качествах.

Скрещивания октоплоидных тритикале с гексаплоидными, а также с пшеницей приводят к замещению некоторых ржаных хромосом гомеологичными хромосомами D-генома. Возникают R/D-замещенные формы, которые подавали большие надежды в плане создания хлебопекарных тритикале. Однако исследования показали, что высокий объемный выход хлеба был получен для отдельных генотипов, как с R/D-замещениями, так и без них. А наибольшим содержанием белка и клейковины обладали образцы без R/D-замещений (Грабовец и др., 2012).

Секалины ржи кодируются тремя основными локусами: *Sec-1*, *Sec-2* и *Sec-3*. Наличие секалинов в эндосперме тритикале оказывает сильное негативное влияние на хлебопекарные качества, поскольку они способны образовывать нерастворимые высокополимерные белковые комплексы с белками пшеницы (Копусь, Грабовец и др., 2016).

Исследования, проведенные в Донском Зональном НИИСХ, показали, что содержание белка в зерне тритикале можно повысить генетическим путем. Лучшие результаты получаются при скрещивании высокобелковых, а также высокобелковых и среднебелковых родителей. Однако и скрещивание среднебелковых приводит к выщеплению высокобелковых форм. При этом требуется достаточно большое число гибридных комбинаций, и высокобелковая форма должна быть материнской (Грабовец и др., 2012; 2016).

Подводя итог рассмотрению белков у тритикале, отметим, что гибридная природа этой культуры обуславливает сочетание в эндосперме пшеничных и ржаных запасных белков с различной способностью к формированию клейковины и технологических качеств зерна.

**Крахмал в эндосперме тритикале.** Основным запасным веществом зерновки тритикале является крахмал. Крахмал представляет собой вещество с большой молекулярной массой, состоящее из двух полисахаридов: амилозы и амилопектина.

Количество, форма и расположение зерен крупно- и мелкозернистого крахмала определяет структуру эндосперма. Преобладание хондриосомного крахмала в клетках дает мучнистую зерновку, а наличие большого количества пластидного крахмала – стекловидную зерновку. В мучнистом зерне промежуточный белок прерывает, не образуя сплошного монолита с зёрнами крахмала. При этом образуется много воздушных полостей. В проходящем свете луч многократно преломляется, поэтому зерновка кажется темной, непрозрачной. Мучнистая зерновка на срезе ярко-белая, рыхлая. Стекловидная зерновка в проходящем свете прозрачна, разрез ее плотный, похожий на стекло (Попова, 1979; Куше, 2003).

Крупность и целостность крахмальных зерен влияют на консистенцию теста, его водопоглонительную способность и содержание в нем са-

харов. Мелкие и поврежденные зерна крахмала способны связывать больше влаги в тесте. Они легче поддаются действию ферментов (Гончаренко, 2014).

Химически крахмал – высокомолекулярный полисахарид, состоящий из остатков молекул D-глюкозы ( $C_6H_{10}O_5$ ), связанных  $\alpha$ -1,4- и  $\alpha$ -1,6-гликозидными связями. Составные части крахмала – два структурно различных углевода: амилоза (ее содержится около 20%) и амилопектин (около 80%).

Амилоза представляет собой длинную неразветвленную цепь, состоящую из остатков глюкозы, соединенной  $\alpha$ -1,4-гликозидными связями. Молекула амилозы может содержать до 3800 остатков глюкозы. Ее молекулярная масса варьирует от  $3 \times 10^5$  до  $1 \times 10^6$ . Пространственная конфигурация амилозы имеет спиральную форму, каждый виток спирали состоит из шести глюкозных остатков. Амилоза способна растворяться в воде (Хорунжина, 1999; Новиков, 2012). При окрашивании йодом дает ярко-синее окрашивание (Прозина, 1960; Барыкина и др., 2004). Высокое содержание амилозы приводит к снижению хлебопекарных качеств зерна ржи, особенно снижается формоустойчивость хлеба (Гончаренко, 2014).

Амилопектин имеет сильно разветвленную молекулу. В линейных участках амилопектина остатки D-глюкозы связаны  $\alpha$ -1,4-гликозидными связями, а в точках разветвления –  $\alpha$ -1,6-гликозидными связями. Молекулярная масса амилопектина достигает сотен миллионов. Амилопектин нерастворим в воде, способен в воде набухать и образовывать гели крахмала. Степень набухания крахмала зависит от температуры. При постепенном нагревании с водой крахмал теряет свою естественную структуру и превращается в вязкий коллоидный раствор – клейстер (Хорунжина, 1999; Новиков, 2012). Окрашивание амилопектина йодом дает красное окрашивание (Прозина, 1960; Барыкина и др., 2004). Повышенное количество амилопектина в зерне ржи приводит к увеличению содержания крахмала, а также к улучшению физических свойств зерна (увеличивается натура, масса 1000 зерен) и хлебопекарных качеств (увеличивается объемный выход хлеба, формируется оптимальная структура мякиша, улучшается его пористость) (Гончаренко, 2014).

В крахмальном зерне молекулы амилозы и амилопектина связываются водородной связью. Крахмальное зерно неоднородно по содержанию амилозы и амилопектина. В центре крахмального зерна находится амилоза, на периферии – амилопектин (Казаков, Кретович, 1989; Хорунжина, 1999; Гончаренко, 2014).

Для условий Центрального района Нечерноземной зоны содержание крахмала в зерне основных хлебных злаков составляет, в среднем: у озимой ржи 60,5%, озимой мягкой пшеницы – 64,6, яровой мягкой пшеницы – 64,8, озимой тритикале – 63,6% (Плешков, 1980; Новиков, 2012; Гончаренко, 2014).

Зрелые крахмальные зёрна тритикале содержат как бороздчатые крупные линзообразные гранулы пластидного крахмала типа А, так и мелкие сферические гранулы хондриосомного крахмала типа В. Крупные гранулы в зрелом зерне тритикале по форме сходны с гранулами пшеницы и ржи, но имеют промежуточный размер – крупнее, чем у пшеницы и мельче, чем у ржи. У пшеницы средний размер крупных крахмальных зерен имеют диаметр примерно 25 мкм, ржи – 40 мкм, тритикале – 30–35 мкм с небольшим количеством зерен с диаметром больше 40 мкм (Дронзек и др., 1978). Средний размер крахмальных гранул у тритикале также имеет промежуточный характер (табл. 60) (Гончаренко, 2014).

Таблица 60

Содержание крахмала и его фракций у пшеницы, ржи и тритикале в Московском НИИСХ «Немчиновка», в среднем по годам (Гончаренко, 2014)

Показатель		Озимая рожь	Озимая тритикале	Яровая пшеница	Озимая пшеница
Содержание крахмала		60,5	63,6	64,8	64,6
Средний диаметр крахмальных зерен, мкм		4,35	3,87	3,68	3,24
Фракционный состав крахмала в процентах от суммы всех крахмальных зерен	1–10 мкм	92,1	90,2	91,3	92,8
	10–20 мкм	4,7	7,6	5,8	4,7
	20–50 мкм	3,2	2,2	2,4	2,3

Крахмал расщепляется гидролитическими ферментами – амилазами. Гидролиз неизмененных крахмальных зерен приводит к образованию дисахарида мальтозы и постепенной деформации крахмальных зерен. Они теряют свои первоначальные очертания. Скорость расщепления амилазами крахмала из зерна разных культур и сортов неодинакова. Явление разной податливости крахмальных зерен действию амилаз называется *атакуемостью крахмала*. В итоге скорость расщепления крахмала зависит от количества и активности фермента амилазы и от атакуемости субстрата (Казаков, Кретович, 1989).

*Атакуемость крахмала* возрастает с уменьшением размеров крахмальных зерен, у которых относительная поверхность увеличивается. Поврежденные и неповрежденные крахмальные зерна по-разному разедаются амилазой. Неповрежденные крахмальные зерна значительно слабее повреждаются амилазами (Казаков, Кретович, 1989).

Альфа-амилаза (или 1,4- $\alpha$ -D-глюкан-глюкоаногидролаза) содержится в проросшем зерне пшеницы, ржи, ячменя. У тритикале наблюдается повышенное содержание этого фермента в любую фазу созревания и в зрелом непроросшем зерне. Фермент  $\alpha$ -амилаза разрушает 1,4- $\alpha$ -гликозидные связи внутри молекул амилозы и амилопектина. Крахмал расщепляется на декстрины, которые не способны удерживать много воды. Фермент имеет температурный оптимум – 70°C, оптимум pH – 5–6.

*Атакуемость крахмальной гранулы  $\alpha$ -амилазой* зависит от содержания в ней амилозы – крупные высокоамилозные гранулы легче атакуются амилазами. При повышенной влажности в период созревания зерна наблюдается усиление синтеза  $\alpha$ -амилазы, что может привести к преждевременному прорастанию зерна в колосе (Казаков, Кретович, 1989; Хорунжина, 1999).

Бета-амилаза (или 1,4- $\alpha$ -D-глюкан-мальтогидролаза) находится в непроросшем зерне зерновых злаков. Ее содержание значительно выше, чем у  $\alpha$ -амилазы, но гидролизующий эффект значительно ниже. Ее температурный оптимум лежит в области 60°C, оптимум pH – 4,5–5. Фермент  $\beta$ -амилаза разрушает 1,4- $\alpha$ -гликозидные связи на концах цепочек крахмала, отщепляя мальтозу. Если крахмал не разрушен  $\alpha$ -амилазой, то гидролиз его будет осуществляться медленными темпами. После того, как работа  $\alpha$ -амилазы приведет к расщеплению длинных цепочек крахмала до более коротких декстринов, и появится множество свободных концов,  $\beta$ -амилаза будет гидролизовать крахмал более эффективно (Казаков, Кретович, 1989; Хорунжина, 1999; Куше, 2003).

Во всех случаях расщепление крахмала останавливается на 2–3 глюкозных остатках перед 1,6-гликозидными связями. Получаются предельные декстрины, которые не разрушаются ни  $\alpha$ - ни  $\beta$ -амилазами. Эти 1,6-гликозидные связи разрушаются третьей амилазой – предельной декстриназой (или олиго-1,6-глюкозидаза) (температурный оптимум 50–60°C, pH оптимум – 5,1) (Хорунжина, 1999; Куше, 2003).

Таким путем запасные полисахариды зерна становятся водорастворимыми, могут передвигаться по проводящей системе зародыша, включаться в метаболизм прорастающего семени. Это нормальное явление при прорастании зрелого семени.

Однако при неблагоприятных условиях созревания возможно преждевременное прорастание зерна в колосе. Одним из факторов, влияющих на это явление, может быть размер крахмальных гранул, их атакуемость и соотношение различных фракций, которое может влиять на скорость разрушения амилазами.

При электронно-микроскопическом изучении эндосперма проросших зерен было установлено, что поврежденные крахмальные гранулы у пшеницы и тритикале выглядят одинаково – на их поверхности образуются маленькие округлые отверстия, углубленные внутрь гранул. Эти углубления в итоге пронизывают крахмальное зерно насквозь. Зерновка стано-

рожного вымывания из водно-мучной суспензии набухшие запасные белки образуют тяжки, которые постепенно слипаются в более крупные агрегаты, а затем формируют вполне нормальную клейковину.

В литературе нами не обнаружено исследований непосредственного влияния содержания пентозанов на хлебопекарные качества тритикале. Однако некоторые сорта тритикале при невысоком содержании белка и клейковины обладают высокими хлебопекарными качествами. Возможную причину такого явления ищут именно в положительном влиянии пентозанов, аналогично ржи.

**Содержание жиров** в фуражном зерне тритикале низкое и составляет около 0,014%, что ниже, чем у пшеницы (0,017%) и ржи (0,015%) (Потапова и др., 2016).

**Содержание микро- и макроэлементов** в зерне тритикале и пшеницы одинаково (Беркутова и др., 2008).

**Антипитательные вещества** у тритикале представлены алкилпрезорицинолами, как у ржи. Их содержание сильно варьирует – от низкого, как у пшеницы, до высокого, как у ржи. Наличие этих веществ не позволяет использовать зерно тритикале в чистом виде для кормления животных. Однако разработаны рационы для кормления крупного рогатого скота, свиней и птиц, в которых доля зерна тритикале составляет от 30 до 80%.

Кроме того, антипитательными веществами в эндосперме тритикале можно считать белки – ингибиторы трипсина, химотрипсина и тиаловых протеиназ. Их наличие предъявляет определенные требования к использованию зерна на фуражные цели. Эти белки разрушаются при нагревании либо при использовании ферментных добавок.

### 13.3. Предуборочное прорастание зерна в колосе и его влияние на качество зерна тритикале

Прорастание семян представляет собой сложное явление, обусловленное, с одной стороны, влиянием генов *Vp-1*, контролирующих покой семян, с другой – действием ряда иных механизмов (морфология колоса, восковой налет на колосковых чешуях, содержание ингибиторов прорастания в колосковых стерженьках, открытость цветков, плотность прилегания чешуй к семени, остистость колоса, угол наклона колоса, полегание растений, наличие генов *Rht*, нечувствительных к гиббереллину и др.). Прорастание семян обычно происходит после завершения периода покоя. Однако при повышенной влажности воздуха и обильных осадках у тритикале наблюдается **предуборочное прорастание зерна в колосе**, которое приводит к ухудшению технологических качеств зерна и посевных свойств семян.

Генетический контроль устойчивости к предуборочному прорастанию активно изучается с целью создания устойчивых к этому явлению

сортов. Явление контролируется количественными признаками. У пшеницы идентифицировано свыше 130 локусов *QTL/QphsR* (Quantitative preharvest sprouting Resistance). По частоте встречаемости первое место занимают хромосомы 3A, 3B, 3D, второе – 4A, 4B, 4D, третье – хромосомы 2A, 2B, 2D. Некоторые гены обнаружены в хромосомах 1-й, 5-й, 6-й группы гомеологов. У разных генотипов встречаются различные сочетания аллельных состояний этих генов, что приводит к огромному разнообразию реакций на сложившиеся условия вегетации. На экспрессию *QphsR*-локусов могут влиять гены, контролирующие морфологические и другие признаки (например, обуславливающие нечувствительность к гиббереллину гены *Rht*). Засуха и высокая температура воздуха в период формирования и налива семян усиливают экспрессию генов покоя (Крушов и др., 2010).

В геноме тритикале имеются субгеномы А и В от пшеницы. Упомянутые исследования позволяют предполагать возможность возникновения благоприятных сочетаний аллелей у тритикале, которые будут способствовать высокой устойчивости к предуборочному прорастанию зерна в колосе.

Зерновка тритикале обладает способностью быстро прорасти в колосе при наличии осадков. Причем прорастание бывает скрытое (начинается активное разрушение высокомолекулярных запасных соединений – крахмала, белков, пентозанов) и видимое (наблюдается выход корешков и ростков за пределы покровов зерна) (Беркутова, Буко, 1982).

У тритикале обнаружена самая высокая способность к предуборочному прорастанию зерна в колосе среди зерновых культур (Беркутова, Буко, 1982; Шишлова, 2002). В отдельные годы потери зерна в результате этого явления могут составлять от трети до половины собранного урожая (Беркутова, Буко, 1982; Nimi Eiko et al., 2002).

**Факторы, влияющие на предуборочное прорастание зерна тритикале в колосе.** Общая картина предуборочного прорастания зерна в колосе зерновых злаков следующая. При наличии осадков колос и зерно намокают, вода всасывается зародышем и через щиток попадает в эндосперм. Гидролитические ферменты активизируются и начинают разрушать запасные высокомолекулярные полимеры (крахмал, белки, пентозаны), переводя их в растворимое состояние. В это время еще не заметно признаков явного прорастания зерна, но уже имеет место скрытое прорастание. Оно приводит к необратимым изменениям химического состава эндосперма, и, как результат, к снижению технологических качеств зерна (из него нельзя выпечь качественный хлеб). Дальнейшее поступление воды может привести к активному поглощению растворенных питательных веществ зародышем и вызвать его явное прорастание, когда корешок и почечка выйдут за пределы покровов семени. Этот процесс приводит к необратимой потере зерном всхожести (Беркутова, 1991; Булавина, 2004).

К экзотенным (внешним) факторам относят морфологические особенности растения, температуру, влажность воздуха, осадки, и др.

Влажность воздуха и количество выпавших осадков в фазу формирования зерна является одной из основных причин предуборочного прорастания зерна в колосе. Если время уборки совпадает с влажной погодой, то, как правило, наблюдается прорастание зерна на корню. Последнее обусловлено преждевременным ферментативным гидролизом крахмала зерна в колосе, вызванное высокой относительной влажностью воздуха и осадками. Эти изменения биохимических и физиологических свойств зерна могут быть следствием серьезных потерь качества зерна, а также зимостойкости растений (Ригин, Орлова, 1977; King, Richards, 1984; Булавина, 2004).

Температурный режим во время формирования зерна предопределяет активность его прорастания. Большинство исследователей пришли к выводу, что высокая температура в течение налива зерна делает период покоя слишком коротким, в результате влажная погода ближе к уборке может привести к прорастанию зерна в колосе и снижению всхожести семян (Reddy et al., 1985; Hagemann, Cihã, 1987; Баженов и др., 2011). Длительный период покоя преобладает при прохладной и влажной погоде. Он приводит к ненормальному прорастанию и плохой всхожести семян.

Морфологические особенности растений могут как препятствовать, так и способствовать преждевременному прорастанию зерна в колосе.

Имеются данные об отрицательной корреляции устойчивости к прорастанию зерна на корню с высотой растений (Рехметулин и др., 1988; Данилкин, 2009). Высокорослые растения обычно полегают, обеспечивая контакт колоса с влажной почвой. В результате влага интенсивно впитывается, провоцируя прорастание зерна. При этом потери урожая зерна могут составлять от 25 до 60%, затрудняется механизированная уборка, снижаются физические и ухудшаются биохимические качества зерна, полегшие растения сильнее поражаются болезнями.

Размер зерен влияет на скорость прорастания – мелкие зерновки прорастают медленнее, чем крупные (Чумикина и др., 2002).

Местоположение семян в колосе также имеет значение для начала прорастания. Наиболее сильно прорастают семена в средней части колоса, что связано с их более ранним созреванием по сравнению с верхней и нижней частями колоса. Поверхность незрелого зерна впитывает меньше воды, чем зрелого.

Восковой налет на колосе частично защищает его от намочения и, следовательно, несколько снижает преждевременное прорастание зерна в нем.

Покровные оболочки зерна (чешуи, перикарпий и семенная кожура) могут влиять на длину периода покоя. Считается, что в послеуборочный период покровные оболочки обуславливают механизм защиты. В процес-

се хранения происходят структурные изменения, увеличивающие проницаемость оболочек для воды, кислорода и температуры, которые в комплексе вызывают усиление активности ферментов и начало прорастания.

**Эндогенные факторы**, влияющие на преждевременное прорастание зерна в колосе, это – химические вещества, содержащиеся в колосковых и цветковых чешуях, содержание высокомолекулярных запасных веществ (крахмал, белок, пептиданы) и соответствующих гидролитических ферментов, а также фитогормонов.

Многие исследователи отмечают влияние *колосковых и цветковых чешуй, а также плодовой оболочки (перикарпия)* у пшеницы, ржи и тритикале на торможение прорастания зерна в колосе. В этих структурах имеются вещества – ингибиторы синтеза гидролитических ферментов (особенно амилаз).

*Ингибиторы  $\alpha$ -амилазы* подразделяют на два типа: R-типа, имеющие эндогенное действие и содержащиеся в отрубях; D-типа, имеющие эндогенное действие и содержащиеся в эндосперме. Считается, что эти ингибиторы определяют длительность покоя семян. Причем пшеница имеет наиболее высокую активность ингибиторов  $\alpha$ -амилазы обоих типов – рожь – низкую, тритикале – среднюю активность ингибиторов D-типа и низкую – R-типа (Taufel, Flamme, 1991; Taufel et al., 1996). У тритикале обнаружена высокая корреляция между активностью ингибитора эндогенной  $\alpha$ -амилазы и чувствительностью зерна к предуборочному прорастанию (Taufel, Flamme, 1991).

*Окраска колоса* тритикале не оказывает влияния на интенсивность прорастания зерна. Исследования показали, что экстракты, извлеченные из колосковых и цветковых чешуй различных сортов тритикале, оказывают ингибирующее действие на прорастание семян независимо от их окраски. Причем ингибирование проявляется сильнее всего в первые четверо суток прорастания, затем ослабевает и через неделю практически исчезает. Влияние экстрактов чешуй пшеницы и ржи не отличается от экстрактов тритикале. Вещества колосковых и цветковых чешуй значительно увеличивают глубину покоя семян, причем действие их на семена ржи и пшеницы сильнее, чем на семена тритикале (Данилкин, 2009; Рубец, 2016).

В чешуях обнаружено наличие органических кислот и фенольных соединений, флавоноидов, фенолкарбоновых кислот. Показано, что фенольные соединения не влияют на интенсивность прорастания зерна (Шнилова, 2002). По истечении 10 дней после цветения и до созревания зерна в чешуях (колосковых и цветковых) и перикарпии отмечено увеличение активности фермента оксалаат-оксидазы, что связывают с интенсивной лигнификацией покровов семени. *Сильная лигнификация клеточных стенок* замедляет поглощение воды и является косвенной причиной торможения предуборочного прорастания зерна.

Окраска зерна имеет значение для устойчивости семян тритикале к прорастанию на корню. Имеются данные о том, что гены краснозерности сами по себе не влияют на продолжительность периода покоя, а входят в группу сцепления с генами, контролирующими покой (Соловов, 2003).

На прорастание семян сильно влияет химический состав зерна. Крахмал, составляющий 80% сухой массы зерна, набухая, удерживает до 75% воды, белки – до 25%, слизистые вещества – до 80% собственной массы (Беркутова, Буко, 1982).

Прорастание зерна тритикале на корню связано с его высокой альфа-амилазной активностью, переданной от твердой пшеницы и других тетраплоидных видов, а также с геномом ржи. Показано наличие отрицательной корреляции между числом падения (ЧП) и натурой зерна (Huskowska et al., 1985). Выделение повышенных количеств  $\alpha$ -амилазы в окружающей эндосперм ткани может происходить уже примерно через 22–26 дней после цветения, что приводит к развитию многих повреждений эндосперма (Евстигнеева, 1978).

У тритикале фермент  $\alpha$ -амилаза в эндосперме, начиная от фазы молочной спелости и во все последующие фазы созревания, проявляет более высокую активность в сравнении с рожью и пшеницей. В конце созревания активность этого фермента в 3–4 раза выше, чем у родительских форм. Этим объясняют более раннее и сильное прорастание зерна этой гибридной культуры (Гончаров, 1996; Булавина, 2004). Синтез энзима  $\alpha$ -амилазы происходит еще на раннем этапе прорастания и контролируется геном  $\alpha$ -Amy 1, локализованным на 6 RL хромосомной группе тритикале. В созревающем зерне  $\alpha$ -амилазный ген приводит к высокому уровню энзимов во время дождей. Этот феномен был назван активностью  $\alpha$ -амилазы поздно созревающих образцов. Она не одинакова у разных образцов (Sodkiewicz, 1999; Lunn et al., 2001).

Установлено, что кроме  $\alpha$ -амилазы, большое влияние на процесс формирования эндосперма оказывают ферменты  $\beta$ -амилаза и пероксидаза. В зрелом зерне тритикале суммарное содержание  $\beta$ -амилазы на порядок выше, чем  $\alpha$ -амилазы (Нгуен Т. Т. Линь, 2011). Повышенная активность  $\beta$ -амилазы в процессе эндоспермогенеза вызывает разрушение крахмальных гранул, накопление водорастворимых веществ, что является предпосылкой к энзимо-микозному истощению зерна и его преждевременному прорастанию в колосе (Гончаров, 1996; Булавина, 2004). Величина активности  $\beta$ -амилазы отрицательно коррелирует со степенью выполченности зерновок. Установлено, что активность  $\beta$ -амилазы в шуплом зерне тритикале 3–6 раз выше, чем в выполченном (Федорова и др., 1988). О степени активности амилаз можно судить по показателю числа падения (Булавина, 2004).

Оценивая устойчивость к прорастанию на корню тритикале, применяют биохимические, провокационные, технологические методы, аналогичные ржи.

#### 13.4. Селекция тритикале на устойчивость к предуборочному прорастанию зерна в колосе

Нами с соавторами опубликованы рекомендации по использованию в качестве предварительного мероприятия полевой оценки и отбора устойчивых к прорастанию форм тритикале по морфологическим признакам (плотность колоса, плотность обхвата зерна чешуями) независимо от складывающихся погодных условий. Во влажные годы хорошие результаты показывает перестой в поле. В засушливые годы или при неравномерном выпадении осадков перестой в поле можно заменить методом проращивания зерен в колосьях во влажной камере в течение 6 дней. Более объективные данные можно получить при дополнительной оценке образцов путем сравнения процента проросших свежееубранных зерен в чашках Петри через 48 часов (В. С. Рубец, Т. Т. Л. Нгуен, В. В. Пыльнев, 2012).

Кроме того, результаты наших исследований позволяют предложить несколько способов оценки селекционных образцов по их устойчивости к предуборочному прорастанию зерна в колосе (Рубец, 2016).

1. Проращивание свежееубранных семян тритикале в чашках Петри можно проводить в диапазоне температур 20–30°C.

2. Отбор образцов тритикале с максимально глубоким покоем семян целесообразно осуществлять путем определения показателя «всхожесть семян» в пробе возрастом 50 и 60 дней от опыления, когда у большинства образцов семена уже вышли из состояния покоя.

3. Для отбора образцов со средней устойчивостью к предуборочному прорастанию зерна в колосе лучше всего подходит определение показателя «энергия прорастания» в пробе семян возрастом 42 дня от опыления.

4. Дифференциацию образцов тритикале по глубине покоя семян лучше всего осуществлять путем определения показателя «всхожесть семян» в пробе возрастом 34 дня от опыления.

5. Для объективной дифференциации селекционных образцов по длине их периода покоя достаточно проводить подсчет числа проросших зерен в течение 14 суток от начала проращивания свежееубранных зерен в чашках Петри, не дожидаясь, пока прорастет последнее зерно.

6. При отборе на устойчивость к предуборочному прорастанию зерна в колосе следует обращать внимание на образцы тритикале, имеющие:

- пониженное содержание крупных крахмальных зёрен (диаметром более 20 мкм) вместе с *повышенным содержанием средней фракции;*
- повышенное содержание фракции мелких крахмальных зёрен после длительной провокации во влажной камере.

7. Характер наследования крахмальных фракций в эндосперме тритикале позволяет предположить возможность отбора селекционных образцов из гибридной популяции с улучшенным соотношением крахмальных

фракций, соответствующим устойчивой к прорастанию зерна форме (высокое содержание средних крахмальных зерен и низкое – крупных).

8. Использовать при селекции на устойчивость к предуборочному прорастанию семян тритикале коллекционные образцы, в колосковых и цветковых чешуях которых содержатся вещества, вызывающие относительно сильную задержку прорастания семян в течение первых четырех дней: Башкирская короткостебельная, Вокализ, Трибул, Виктор, Легион, Бард, Квазар, СИРС 57, Лидер, Гермес, а также рожь Альфа.

### 13.5. Зерновое направление селекции тритикале

Как правило, большинство селекционных учреждений объединяют два направления селекции тритикале – зерновое и универсальное. Поэтому здесь будем рассматривать оба этих направления как зерновое.

Требования к сортам тритикале зернового направления использования различаются в зависимости от использования их зерна.

Зерно должно быть хорошо выполненным, с высокой стекловидностью, которая косвенно свидетельствует о более высоком содержании белка и хорошем выходе муки (Железняк и др., 2016).

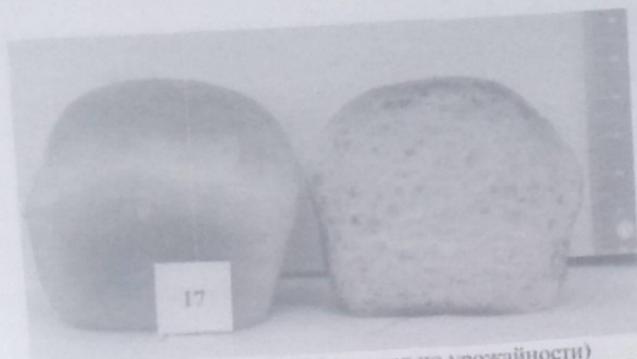
**Фуражное направление использования зерна тритикале.** Это основное направление использования, поскольку тритикале считается кормовой культурой.

Зерно тритикале можно использовать в чистом виде в составе рационов для кормления крупного рогатого скота, свиней и птицы. Содержание зерна тритикале в таких рационах может варьировать от 30 до 70%. Для такого использования лучше всего подходят сорта, имеющие высокое содержание белка, низкое содержание алкилрезорцинолов (на уровне пшеницы), ингибиторов трипсина и химотрипсина, а также пентозанов (Грабовец, 2000).

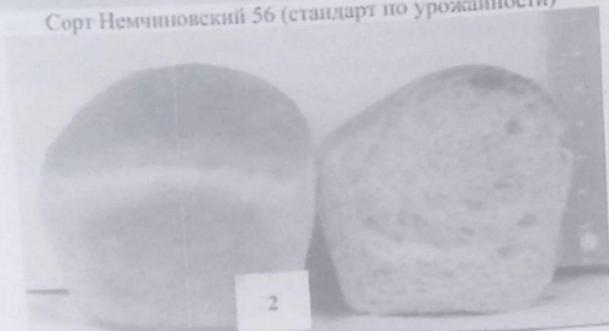
Зерно тритикале можно использовать для приготовления комбикормов. На эти цели пригодны сорта, имеющие среднее и высокое содержание белка, низкое – алкилрезорцинолов (Грабовец, 2000).

В Донском зональном НИИСХ созданы сорта тритикале с повышенным содержанием каротиноидов в зерне (Гриб, Буштевич, 2016).

**Пищевое направление использования зерна тритикале.** Использование зерна тритикале на хлебопечение предполагает наличие у сортов определенных качеств. Причем вследствие гибридной природы тритикале сорта с высокими хлебопекарными качествами могут различаться по биохимическому составу эндосперма – могут быть как высокобелковыми, так и низкобелковыми, с различным содержанием пентозанов, с высоким содержанием качественного крахмала. Веледствие этого только прямая оценка хлебопекарных качеств зерна путем пробной выпечки может дать объективное представление о хлебопекарных свойствах сорта тритикале (рис. 26).



Сорт Немчиновский 56 (стандарт по урожайности)



Сорт Валентин 90 (стандарт по хлебопекарным качествам)



Лучший по хлебопекарным качествам образец тритикале в конкурсном сортоиспытании

Рис. 26. Лабораторная выпечка хлеба из муки селекционных номеров озимой тритикале в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Рецептура лабораторной выпечки хлеба из чистой муки тритикале, разработанная Всероссийским Центром оценки качества, отличается от пшеничной отсутствием в ней сахара, наличием органических кислот (аскорбиновой и молочной) для инактивации амилаз, коротким временем брожения и расстойки (Методика госсорт).

Ведущие селекционные учреждения нашей страны и за рубежом проводят интенсивные исследования в области нормативно-правовой базы использования тритикале на хлебопечение.

Разработаны технические условия на зерно тритикале, на муку разных помолов и хлебопекарные изделия (табл. 61, 62) (Тертычная и др., 2003).

Таблица 61

**Пищевая и энергетическая ценность 100 г тритикалевой муки  
(Тертычная и др., 2003)**

Сорт муки	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Сеяная	7,5	1,0	77,0	347,0
Обдирная	9,5	1,7	73,5	349,6
Обойная	11,0	1,6	71,0	343,5

Таблица 62

**Органолептические показатели тритикалевой муки  
(Тертычная и др., 2003)**

Показатели	Сеяная	Обдирная	Обойная
Цвет	Белый с сероватым или кремовым оттенком	Серовато-белый с вкраплениями частиц оболочек зерна	Серый с частицами оболочек зерна
Запах	Свойственный тритикалевой муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый		
Вкус	Свойственный тритикалевой муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький		
Наличие минеральной примеси	При разжевывании муки хруст не должен ощущаться		

Из чистой муки тритикале можно выпечь качественный хлеб, имеющий более румяную корку, чем пшеничный, и приятный вкус. Однако исследования показали, что лучшие результаты дает смесь, содержащая пшеничную и тритикалеву муку в равных пропорциях.

Мука тритикале обладает высокой автолитической активностью. Поэтому она может быть использована в качестве улучшителя и заместителя ферментных препаратов для пшеничной и ржаной муки с низкой актив-

ностью амилаз, газо- и сахаробразующей способностью (Тертычная и др., 2003).

Исследования, проведенные ВНИИ зерна, показали, что в качестве естественного улучшителя клейковины тритикале может использоваться 10%-ная добавка муки люпина узколиственного. При этом получается хлеб, обогащенный белком, с гладкой румяной поверхностью, с высоким объемным выходом, интенсивно желтым мякишем и очень приятным вкусом.

В КНИИСХ разработана рецептура диетического хлеба «Целебный» из обойной муки тритикале. В Воронежском ГАУ разработана рецептура хлеба «Степной» из смеси тритикалевой, пшеничной и ржаной муки в разных соотношениях (Медведев и др., 2017).

*Сорта тритикале для кондитерского производства* должны иметь зерно со средним содержанием белка и низкими показателями силы муки. Из такой муки можно выпекать качественное печенье, кексы, трюфели, рулеты и др. (Медведев и др., 2017)

Наиболее эффективно применение муки тритикале для выпечки печенья, так как в ней содержится мало клейковины низкого качества (Тертычная и др., 2003).

Имеются исследования по изучению возможности получения из зерна тритикале крупы и макаронных изделий.

*Техническое направление использования зерна тритикале.* Сорта тритикале для технического направления использования зерна должны иметь содержание белка 10–11%, крахмала 65–68%, повышенную активность гидролитических ферментов и низкую вязкость водного экстракта (Грабовец, 2000; Гриб, Буштевич, 2016).

Зерно тритикале большинства сортов более крупное, а содержание крахмала в нем выше, чем у исходных видов. Зерновка тритикале более мягкая, чем у пшеницы. Крахмал с белком связан намного слабее. Это позволяет с наименьшими затратами его выделять. В качестве побочного продукта может быть получен белок.

Бродильное производство включает в себя производство этанола и пива. Разработана технология производства этанола из зерна тритикале. В Беларуси на Лидском пивзаводе разработана и внедрена технология получения пива из смеси зерна ячменя и тритикале (Медведев и др., 2017).

### 13.6. Сорта тритикале

В настоящее время селекцией тритикале в России занимаются 22 научных учреждения. В Государственном реестре селекционных достижений на 2017 год имеется 89 сортов тритикале, из них озимых – 75, яровых – 14 (Госреестр селекционных достижений, 2017).

Наибольшее число сортов озимой тритикале получено в Донском зональном НИИСХ (23 озимой и 1 яровой), КНИИСХ имени П. П. Лукьяненко (12 озимой и 4 яровой), Московском НИИСХ «Немчиновка» (5 озимой) и Владимирском НИИСХ (5 яровой). На все остальные учреждения приходится 40 сортов озимой тритикале и 4 яровой. Сорта иностранной селекции представлены в небольшом количестве – 9 озимой тритикале (Германия, Украина и Беларусь) и 5 – яровой (Украина и Беларусь).

**Немчиновский 56.** Создан в ГНУ НИИСХ Центральных районов Нечерноземной зоны. Назначение сорта – зернофуражный. Получен путем многолетнего отбора в процессе первичного семеноводства из сорта Антей. Занимает максимальные площади посева в России. Гексаплоидный. Сорт среднеспелый, высоко зимо- и морозостойкий, устойчив к засухе, основным болезням, предуборочному прорастанию зерна в колосе, хорошо восстанавливается весной.

Колос средней длины, плотный, полностью остистый, опушенный. Разновидность гострианум. Урожайность зерна свыше 80 ц/га. Зерно крупное, полуудлиненное, красное. Обладает высокими технологическими свойствами: содержание белка до 15%, клейковины в муке до 32% первой-второй группы качества, может использоваться для диетического хлебопечения, в кондитерской, пивоваренной и спиртовой промышленности, на фураж без экструдирования. Содержание в зерне антипитательных веществ (алкилрезорцинолов и ингибиторов трипсина) на уровне пшеницы, что позволяет использовать его на корм для всех видов животных.



Рис. 27. Конкурентное сортоиспытание озимой тритикале в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Аграф.** Создан на Северо-Донецкой государственной сельскохозяйственной опытной станции. Назначение сорта – зеленый корм и сенаж. Получен путем индивидуального отбора из гибридной популяции [(АД 465 × ПРАГ 48/4) × и. о. НАД 329] × [(и.о. НАД 329 × ПРАГ 45/1) × СтНИИСХ1186]. Константная линия отобрана в F<sub>3</sub> в 1994 г. обладает высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, устойчивостью к болезням, полеганию, обламыванию колоса, осыпанию зерна.

Разновидность лютесцене (колос безостый, белый, неопушенный, зерно красное). Колос цилиндрической формы, 12–14 см длиной. Форма куста в фазу кущения промежуточная. Высокорослый (155–185 см), хорошо облиственный (доля листьев в структуре зеленой массы 23–27%). Максимальный урожай зеленой массы 85 т/га, зерна – 54,4 ц/га. Зерновки удлиненные, средней величины, масса 1000 зерен – 30–41 г, в зеленой массе содержится 10,0–13,8% белка, 9,9% сахаров, 2,26% жира, до 75,5 мг/кг каротина. Характеризуется замедленными темпами лигнификации тканей.

**Валентин 90.** Создан в Краснодарском научно-исследовательском институте имени П. П. Лукьяненко. Двуручка. Назначение – зернокармывой. Пригоден для использования на зернофураж, в зеленом конвейере, приготовления раннего силоса, сенажа, гранул, брикетов. Обладает высокими хлебопекарными качествами, не уступая по качеству белого хлеба лучшим сортам озимой пшеницы.

Разновидность – субэритроспермум (колос белый, неопушенный, наполовину остистый, зерно красное). Колос цилиндрический средней длины и плотности. Высокоустойчив ко всем основным болезням. Восприимчив к фузариозу колоса. Зимостойкость средняя. Форма куста промежуточная. Зерно овально-удлиненное, средней крупности, стекловидное. Потенциальная урожайность зерна – 100 ц/га, зеленой массы – 90 т/га. Содержание клейковины в зерне до 21% первой группы качества.

**Тит** – уникальный хлебопекарный сорт тритикале с геном сферококкондности селекции Краснодарского научно-исследовательского института имени П. П. Лукьяненко. Назначение – хлебопекарное. Получен из гибридной комбинации (тритикале Валентин 90 × пшеница шарозерная Шарада). Относится к подвиду *Triticale sphaerococcum*, имеет оригинальную архитектуру, определяемую геном шарозерности: широкий короткий эректоидный лист, жесткую соломинку, плотный безостый колос, полукруглую форму зерна, короткий, пирамидальный плотный колос. С сильным восковым валетом после колошения. Среднерослый. Разновидность *rotundum* (безостый, белый, неопушенный, красное зерно). Среднерослый, высота растений 110–120 см, устойчив к полеганию и осыпанию. Устойчив к большинству листовых болезней. Восприимчив к фузариозу колоса. Позднеспелый. Максимальная урожайность зерна 102 ц/га.

Зерно полуокруглой формы, средней крупности. Содержит повышенное количество белка и клейковины. Хлебопекарные качества отличные, хлеб имеет высокую хлебопекарную оценку.

*Тимирязевская 150.* Создан в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Гексаплоидный. Куст промежуточного типа. Растение длинное. Время колошения среднее. Восковой налёт на влагалище флагового листа средний – сильный. Колос слегка окрашенный, длинный, средней плотности – плотный, полностью остистый. Ости на конце колоса средней длины – длинные. Опушение наружной поверхности нижней колосковой чешуи имеется, первый зубец средней длины – длинный. Зерно яйцевидное, красное, масса 1000 зерен – 40,4 г. Среднее содержание белка в зерне 10,4%, сбор белка 4,7 ц/га. Сорт устойчив к мучнистой росе, среднеустойчив к снежной плесени и бурой ржавчине. Рекомендуется для получения зернофуража и для производства комбикормов.

1. Охарактеризуйте направления селекции тритикале.
2. Чем обусловлено высокое содержание белка у первых полученных тритикале?
3. Чем определяются хлебопекарные качества зерна тритикале?
4. Что представляет собой крахмал?
5. От чего зависит атакуемость крахмала?
6. Охарактеризуйте значение пентозанов в селекции тритикале на высокие хлебопекарные качества.
7. Какие ограничения накладывает наличие антипитательных веществ в зерне тритикале?
8. Охарактеризуйте явление предуборочного прорастания зерна в колосе тритикале.
9. Какие факторы влияют на устойчивость к предуборочному прорастанию зерна?
10. Перечислите способы оценки устойчивости к предуборочному прорастанию зерна в колосе.
11. Какие селекционные учреждения занимаются селекцией тритикале?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агафонов Н. П. Основные параметры модельных сортов проса для различных зон возделывания // Совершенствование селекции, семеноводства и технологии возделывания проса: сб. науч. тр. – Орел, 1985. – С. 9–13.
2. Активность ингибиторов трипсина и химотрипсина в семенах гороха / И. И. Бенкен, О. И. Романова, А. В. Варич [и др.] // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1989. – Вып. 193. – С. 37–40.
3. Алексеева Е. С. Генетика, селекция и семеноводство гречихи / Е. С. Алексеева, З. П. Паушева. – Киев, 1988. – 208 с.
4. Амелин А. В. О целесообразности создания крупносемянных форм гороха / А. В. Амелин, Н. Е. Новикова, А. П. Лоханов // Селекция и семеноводство. – 1991. – № 5. – С. 8–10.
5. Анащенко А. В. Достижения и перспективы селекции подсолнечника в мире. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1977. – 53 с.
6. Андреева Н. М. Изменение алкалоидности в потомстве растений люпина и методы определения алкалоидности // Вопросы качества продукции зернобобовых культур. – Орел, 1970. – С. 209–214.
7. Анохина В. С. Изменчивость качественного состава и количественного содержания алкалоидов в поколениях межсортовых гибридов люпина и использование этих показателей в селекции и семеноводстве / В. С. Анохина, А. Г. Купцова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1980. – Т. 15. – № 1. – С. 111–115.
8. Аспиотис Е. Х. Выполнение массовых анализов семян на маслянисть и влажность методами ядерного магнитного резонанса // Матер. 7-й Межд. конф. по подсолнечнику. – М., 1978. – С. 457–460.
9. Баженов М. С. Влияние факторов окружающей среды на покой семян и прорастание зерна в колосе озимой тритикале / М. С. Баженов, В. В. Пыльнев, И. Г. Тараканов // Известия ТСХА. – 2011. – Вып. 4. – С. 21–26.
10. Бебякин В. М. Селекционная оценка DDC-седиментации / В. М. Бебякин, О. В. Крупнова // Доклады ВАСХНИЛ. – 1991. – № 1. – С. 17–21.
11. Бебякин В. М. Генотипически обусловленная взаимосвязь признаков качества зерна озимой пшеницы / В. М. Бебякин, Н. И. Коробова // Селекция и семеноводство. 1989. – № 6. – С. 21–23.
12. Бебякин В. М. Теоретические и прикладные аспекты оптимизации селекции пшеницы на качество урожая в условиях Юго-Востока: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Харьков, 1985. – 55 с.
13. Бежанидзе С. И. Эффективность контролируемого повышения белковости зерна у гороха / С. И. Бежанидзе, Г. А. Дебелый, Т. Ф. Рыжиков // Использование современных методов в селекции зерновых и зерно-

- бобовых культур в Центральном районе Нечерноземной зоны. – М., 1987. – С. 211–218.
14. Белоусова Е. М. Классификация сортов пшеницы по хлебопекарной «силе» // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 4. – С. 16–18.
15. Беркутова Н. С. Методы оценки и формирования качества зерна. – М., 1991. – 206 с.
16. Беркутова Н. С. Микроструктура пшеницы / Н. С. Беркутова, И. А. Шевцова. – М., 1977. – 126 с.
17. Беркутова Н. С. Оценка и отбор зерновых культур на устойчивость к прорастанию в колосе / Н. С. Беркутова, О. А. Буко. – М. : ВНИИТЭИСХ, 1982. – 59 с.
18. Биохимические особенности зерна гексаплоидного тритикале / В. А. Бобджанов, Л. П. Солоненко, М. Б. Боболжанова [и др.] // Докл. ВАСХНИЛ. – 1988. – Т. 5. – С. 5–8.
19. Блохин И. И. О генетических основах селекции пшеницы на качество зерна / И. И. Блохин, Г. М. Ковбасенко, С. И. Годунова // Научные методы повышения урожайности и качества зерновых и кормовых культур. – Мироновка, 1986. – С. 13–18.
20. Бородулина А. А. Биохимическая характеристика современных сортов подсолнечника / А. А. Бородулина, В. С. Попов // Селекция, семеноводство и технология возделывания технических культур. – М., 1980. – С. 99–107.
21. Бородулина А. А. Содержание протеина в семенах высокомасличного подсолнечника / А. А. Бородулина, А. В. Супрунова // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1979. – № 6. – С. 32–34.
22. Булавина Т. М. Влияние физиологически активных веществ на прелуборочное прорастание зерна озимого тритикале // Земледелие и селекция в Белоруссии: сб. науч. трудов. – Минск, 2004. – Вып. 40. – С. 61–69.
23. Вайсблай И. М. Трипсиногибирующая активность районированных в СССР зерновых и кормовых сортов гороха // Сиб. вест. с.-х. науки. – 1978. – С. 44–47.
24. Вакар А. Б. Клейковина пшеницы. – М. : Изд-во Академии наук СССР, 1961. – 262 с.
25. Вольски Т. Селекция ржи на качество зерна / Т. Вольски, А. Петрусак // Селекция ржи: Материалы симпозиума ЕУКАРПНА. – Л., 1990. – С. 136–143.
26. Генетика и селекция гороха / под ред. В. В. Хвостовой. – Новосибирск : Наука, 1975. – 268 с.
27. Генетика культурных растений. Зерновые культуры / под ред. В. Д. Кобылянского. – Л. : Агропромиздат, 1986. – 263 с.
28. Голёнков В. Ф. Проблемы биохимии ржи в связи с оценкой ее качества: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.04. – М., 1973. – 58 с.

29. Гончаренко, А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. – М., 2014. – 372 с.
30. Гончаров Г. Н. Селекционно-генетическая оценка сортов и гибридов тритикале по устойчивости к прорастанию зерна на корню в условиях Нечерноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – Немчиновка, 1996. – 19 с.
31. Гончарова Л. В. Особенности белкового синтеза и протеолитической активности озимого тритикале: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.04. – Минск, 1995. – 22 с.
32. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 484 с.
33. Грабовец А. И. Селекция тритикале // Зернофураж в России. – М., 2009. – С. 206–220.
34. Грабовец А. И. Состояние и направления селекции тритикале // Тритикале России: сб. мат. заседания секции тритикале РАСХН. – Ростов-н/Д., 2000. – С. 6–12.
35. Грабовец А. И. Принципы селекции и использование тритикале для хлебопекарных целей / А. И. Грабовец, А. В. Крохмаль, И. А. Шевченко // Тритикале и его роль в условиях нарастающей аридности климата: матер. междунар. науч. конф. – Ростов-н/Д., 2012. – С. 41–47.
36. Грабовец А. И. Селекция озимых зерновых тритикале на Дону / А. И. Грабовец, А. В. Крохмаль // Тритикале России: матер. заседания секции тритикале РАСХН. – Ростов-н/Д., 2000. – С. 12–18.
37. Гриб О. М. О селекции ярового ячменя на качество / О. М. Гриб // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 2. – С. 20–24.
38. Гриб С. И. Результаты и приоритеты селекции тритикале в Беларуси / С. И. Гриб, В. Н. Буштевич // Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологии их использования». Ч. 1. Генетика, селекция и семеноводство. – Ростов-н/Д., 2016. – С. 67–76.
39. Губанова Л. Г. Качество зерна овса и возможности его улучшения // Вестник с.-х. науки. – 1991. – № 3. – С. 96–102.
40. Данилкин Н. М. Генетический анализ признаков продуктивности и устойчивости к прорастанию на корню у яровой тритикале: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.15, 06.01.05. – М., 2009. – 137 с.
41. Дебелый Г. А. Зернобобовые культуры в Нечерноземной зоне РФ. Значение, селекция, использование, смешанные посевы. – М.: Немчиновка: НИИСХ ЦРНЗ, 2009. – 260 с.
42. Дебелый Г. А. Методические вопросы селекции гороха на высокое содержание белка / Г. А. Дебелый, Н. П. Лебедева, В. М. Сереньев // Труды НИИСХ ЦРНЗ. – 1978. – Вып. 44. – С. 164–169.
43. Демкин П. П. Глиадины сильных пшениц // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1987. – Вып. 173. – С. 22–26.

44. Долгодворова Л. И. Качество зерна пшеницы в связи с селекцией на продуктивность / Л. И. Долгодворова, В. В. Пыльнев // Роль селекции и семеноводства в улучшении хозяйственно ценных признаков растений: сб. науч. тр. ТСХА. – М., 1982. – С. 3–7.

45. Долгодворова Л. И. Селекция полевых культур на качество. – М.: Изд-во МСХА, 1995. – 180 с.

46. Дронзек Б. Л. Изучение тритикале и родительских видов с помощью сканирующей электронной микроскопии / Б. Л. Дронзек, Р. А. Орт, В. Бушук // Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком / под ред. Ю. Л. Гужова. – М.: Колос, 1978. – С. 106–120.

47. Дьяков А. Б. О предельной маслячности семян и перспективах селекции подсолнечника // Докл. ВАСХНИЛ. – 1972. – Т. 16. – № 1. – С. 142–144.

48. Евстигнеева М. Б. Первая зерновая культура, созданная человеком. – М.: Колос, 1978. – 136 с.

49. Еремича Ю. Н. Влияние фракционного состава крахмала на устойчивость к предуборочному прорастанию зерна в колосе озимей гексаплоидной тритикале / Ю. Н. Еремича, В. С. Рубец, В. В. Пыльнев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып. 3 (54). – С. 143–148.

50. Железняк Е. А. Хлебопекарные и технологические свойства зерна сортов озимого тритикале / Е. А. Железняк, А. В. Крохмаль, А. Н. Грабовец // Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологии их использования». Ч. 1. Генетика, селекция и семеноводство. – Ростов-н/Д., 2016. – С. 90–94.

51. Жогин А. Ф. О новых подходах к улучшению качества зерна озимой мягкой пшеницы // Сельскохозяйственная биология. – 1991. – № 3. – С. 192–198.

52. Зернобобовые культуры / под общ. ред. Д. Шпаара, В. Пыльнева. – М.: ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО», 2014. – 272 с.

53. Ильин В. А. Селекция на повышенное содержание каротиноидов в ядре проса / В. А. Ильин, Ю. Я. Кожемякина, М. Н. Гуркина // Совершенствование селекции, семеноводства и технологии возделывания проса. – Орел, 1975. – С. 31–34.

54. Ильина Н. В. Использование отечественного твердомера для оценки консистенции зерна ячменя / Н. В. Ильина, А. Т. Сергеева // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1988. – Вып. 182. – С. 32–37.

55. Ильина Н. В. Оценка технологических свойств ячменя в селекции на качество // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1987. – Вып. 173. – С. 39–42.

56. Использование гена сферококковидности в создании зернового тритикале / Л. А. Беспалова, А. Н. Боровик, О. Ю. Пузыряя, Г. И. Букреева // Тритикале и его роль в условиях нарастания аридности климата: матер. междунар. науч. конф. – Ростов-н/Д., 2012. – С. 21–25.

57. Казаков Е. Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е. Д. Казаков, В. Л. Кретович. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.

58. Казарцева А. Т. Качество зерна в связи с селекцией и производством сильных пшениц: дис. ... докт. с.-х. наук в форме науч. докл. – Харьков, 1989. – 54 с.

59. Казарцева А. Т. Систематизация признаков качества зерна в селекции озимой мягкой пшеницы / А. Т. Казарцева, Р. А. Воробьева, Н. В. Сокол // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 5. – С. 3–8.

60. Каталог сортов тритикале России / под ред. А. И. Грабовца. – Ростов-н/Д., 2003. – 159 с.

61. Кобылянский В. Д. Рожь. Генетические основы селекции. – М., 1982. – 271 с.

62. Кобылянский В. Д. Технологические свойства зерна тетраплоидной ржи / В. Д. Кобылянский, А. Н. Ракина, Н. О. Белугина // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1990. – Вып. 199. – С. 16–19.

63. Кобылянский В. Д. Ценные источники качества зерна мировой коллекции ржи / В. Д. Кобылянский, А. Н. Ракина, А. Е. Корзун // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1989. – Вып. 195. – С. 23–26.

64. Ковачик А. Изменение доли массы семян подсолнечника при инцукт-гетерозисной селекции / А. Ковачик, В. Шкалоуд // Матер. VII Международной конференции по подсолнечнику. – М., 1978. – С. 165–168.

65. Ковтуненко В. Я. Изучение коллекции тритикале в КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко / В. Я. Ковтуненко, В. В. Панченко, А. П. Калмыш // Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологии их использования». Ч. 1. Генетика, селекция и семеноводство. – Ростов-н/Д., 2016. – С. 106–111.

66. Кодаев И. М. Повышение качества зерна. – М.: Колос, 1976. – 304 с.

67. Козьмина Е. П. Технологические свойства сортов крушных и зернобобовых культур. – М.: Колос, 1981. – 176 с.

68. Колоскина М. Я. Селекция ячменя и овса на улучшение кормовой ценности зерна. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1979. – 48 с.

69. Комаров В. И. Методика определения хлебопекарных свойств ржи на ранних этапах селекции / В. И. Комаров, А. И. Ракина // Селекция и семеноводство. – 1985. – № 3. – С. 25–27.

70. Конарев В. Г. Белки пшеницы. – М.: Колос, 1980. – 350 с.

71. Крохмаль А. В. Наследование некоторых качественных показателей зерна в первом поколении гексаплоидных гибридов / А. В. Крохмаль, А. И. Грабовец // Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Тритикале и его роль в условиях нарастания

аридности климата» и секция тритикале РАСХН. – Ростов-н/Д., 2012. – С. 65–68.

72. Крохмаль А. В. Особенности наследования содержания белка гибридами F1 в условиях нарастания аридности климата / А. В. Крохмаль, А. И. Грабовец // Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологии их использования», Ч. 1. Генетика, селекция и семеноводство. – Ростов-н/Д., 2016. – С. 127–134.

73. Крупнов В. А. Генетический контроль покоя и устойчивости к предуборочному прорастанию семян у пшеницы: обзор / В. А. Крупнов, С. Н. Сибкиев, О. В. Крупнова // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 3. – С. 3–16.

74. Кунце В. Технология солода и пива : пер. с нем. – СПб. : Профессия, 2003. – 912 с.

75. Кушова А. Г. Генетическое изучение признака алкалоидности у межсортовых гибридов лопина: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Минск, 1977. – 28 с.

76. Курцева А. Ф. Географическая изменчивость качества зерна образцов проса коллекции ВИР / А. Ф. Курцева, А. Т. Сергеева // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1983. – Вып. 135. – С. 59–62.

77. Лоскутов И. Г. Овес (*Avena L.*). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. – СПб. : ГИЦ РФ ВИР, 2007. – 336 с.

78. Лукашов В. Н. Эффективность совместных посевов озимой тритикале и озимой вики в условиях Калужской области / В. Н. Лукашов, А. Н. Исаков, Т. Н. Короткова // Тритикале. Агротехника, технология использования зерна. Материалы международной научно-практической конференции «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки». – Ростов-н/Д., 2016. – С. 29–34.

79. Макашева Р. Х. Горох. – Л. : Колос, 1973. – 312 с.

80. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / под общ. ред. М. А. Федина. – М., 1988. – 121 с.

81. Методические указания по изучению технологических свойств пшеницы / под ред. В. И. Комарова. – Л.: ВИР, 1976. – 97 с.

82. Методические указания по изучению технологических свойств ржи, ячменя, проса, риса и картофеля / под ред. В. И. Комарова. – Л. : ВИР, 1976. – 95 с.

83. Мироненко А. В. Биохимия лопина. – Минск : Наука и техника, 1975. – 312 с.

84. Моисеева А. И. Технологические свойства пшеницы. – М. : Колос, 1975. – 112 с.

85. Мука тритикалевая хлебопекарная / Т. Тертыхина, Л. Бессонова, В. Манжесов [и др.] // Хлебопродукты. – 2003. – № 5. – С. 23.

86. Наследуемость качества клейковины при использовании индивидуального отбора зерновок пшеницы по ЯМР-критерию / Е. Г. Луцишина, В. М. Бебякин, И. А. Кузьмин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 3. – С. 66–71.
87. Нгуен, Т. Т. Л. Разработка системы оценок устойчивости к прорастанию на корню озимой тритикале: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – М. : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 206 с.
88. Неттевич Э. Д. Выращивание шпаваренного ячменя / Э. Д. Неттевич, З. Ф. Аниканова, Л. М. Романова. – М. : Колос, 1981. – 205 с.
89. Неттевич Э. Д. Избранные труды. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур / под ред. А. А. Гончаренко. – М. ; Немчиновка : НИИСХ ЦРНЗ, 2008. – 348 с.
90. Низова Г. К. Витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и белковость зерна у сортов пленчатого овса (*A. sativa L.*) различного происхождения // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1985. – Вып. 149. – С. 18–23.
91. Новиков Н. Н. Биохимия растений. – М. : КолосС, 2012. – 679 с.
92. Общая селекция растений / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хуцацария, В. С. Рубец. – СПб. : Лань, 2013. – 480 с.
93. Овдиенко А. П. Наследуемость и изменчивость отдельных элементов структуры урожая у гибридов проса / А. П. Овдиенко, И. В. Яшовский // Совершенствование селекции, семеноводства и технологии возделывания проса. – Орел, 1985. – С. 19–22.
94. Озимая и яровая тритикале в Российской Федерации: коллективная монография / под общ. ред. А. М. Медведева. – М. ; Немчиновка, 2017. – 284 с.
95. Орлов А. И. Подсолнечник: биология, выращивание, борьба с болезнями и вредителями. – Киев : Изд-во «Зерно», 2013. – 624 с.
96. Оценка устойчивости образцов коллекции озимой тритикале к прорастанию на корню / Т. Т. Л. Нгуен, О. В. Митрошина, В. В. Пыльнев, В. С. Рубец // Известия ТСХА. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – Вып. 1. – С. 71–84.
97. Павлюк Н. Т. Селекция озимой пшеницы на качество зерна // Гибридизация и мутагенез в селекции растений. – Воронеж, 1988. – С. 30–63.
98. Перестова Т. А. Морфологические и анатомические особенности плода видов *Helianthus*, используемых в селекции // Матер. VII Межд. конф. по подсолнечнику. – М., 1978. – С. 391–396.
99. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. – 4-е изд., доп. и перераб. – М. : Колос, 1980. – 495 с.
100. Плешков, Б. П. Практикум по биохимии растений. – 3-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 255 с.
101. Плытникова Т. Г. Создание сортов подсолнечника с повышенной натурой семян / Т. Г. Плытникова, Н. С. Галкина // Селекция, семе-

новодство и технология возделывания технических культур: сб. науч. работ ВНИИМК. – Краснодар, 1980. – С. 35–39.

102. Покровский А. А. Новые аспекты биологической и пищевой ценности семян подсолнечника // Матер. VII Межд. конф. по подсолнечнику. – М., 1978. – С. 33–39.

103. Пома Н. Н. Селекция озимой тритикале в Центре Нечерноземной зоны / Н. Н. Пома, А. В. Сергеев // Тритикале России. Материалы заседания секции тритикале РАСХН. – Ростов-н/Д., 2008. – С. 166–173.

104. Попереля Ф. А. Генетическая связь показателей качества муки мягкой пшеницы с различиями по компонентному составу глинадина, глютеина и консистенции эндосперма // Науч.-техн. бюл. ВСГИ. – 1986. – № 3. – С. 18–23.

105. Попова Е. П. Микроструктура зерна и семян. – М.: Колос, 1979. – 224 с.

106. Потапова Г. Н. Изучение кормовых свойств озимого тритикале на Среднем Урале / Г. Н. Потапова, Н. Л. Зобнина, Н. С. Комаровских // Тритикале. Агротехника, технология использования зерна. Материалы международной научно-практической конференции «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки». – Ростов-н/Д., 2016. – С. 61–67.

107. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур: учеб. пособие / под ред. В. В. Пыльникова. – СПб.: Лань, 2014. – 448 с.

108. Причины наследственных различий по накоплению масла в семенах подсолнечника / А. Б. Дьяков, В. С. Попов, Е. Н. Кашина [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1972. – № 7. – С. 323–328.

109. Проблемы и успехи в селекции хлебопекарных тритикале / М. М. Копусь, А. И. Грабовец, А. В. Крохмаль, К. Н. Буханцев // Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологии их использования». Ч. 1. Генетика, селекция и семеноводство. – Ростов-н/Д., 2016. – С. 94–105.

110. Прозина М. Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высш. шк., 1960. – 207 с.

111. Прорешнева Р. К. Связь морфологических признаков семян гороха с их качеством // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1983. – Вып. 135. – С. 66–70.

112. Пустовойт В. С. Важнейшие направления селекционной работы. Избранные труды. – М.: Колос, 1966. – 368 с.

113. Пустовойт Г. В. Качество масла у сортов подсолнечника и состав сортовых популяций по этому показателю / Г. В. Пустовойт, Л. Н. Харченко, Т. Г. Плытнникова // Доклады ВАСХНИЛ. – 1977. – № 8. – С. 4–6.

114. Пустовойт Г. В. Количественная изменчивость состава масла подсолнечника. Фенотипическая и генотипическая изменчивость содержания жирных кислот в масле сортов-популяций подсолнечника /

Г. В. Пустовойт, Л. Н. Харченко, Т. Г. Плытнікова // Цитология и генетика. – 1980. – Т. 14. – № 4. – С. 41–46.

115. Пухальская Н. Ф. Наследование алкалоидности у узколистного люпина // Доклады ТСХА. – 1975. – Вып. 209. – С. 103–106.

116. Пшеницы мира / под ред. В. Ф. Дорофеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 560 с.

117. Пыльнев В. В. Закономерности эволюции озимой пшеницы в результате селекции: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.01.05. – М.: Изд-во МСХА, 1998. – 33 с.

118. Пыльнев В. В. Современное состояние селекции и семеноводства в РФ // Генетические ресурсы растений – основа продовольственной безопасности и повышения качества жизни: тезисы докладов. – СПб.: ВИР, 2014. – С. 153.

119. Результаты селекции озимой тритикале на качество в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева / В. А. Мальцев, В. Н. Игонин, В. С. Рубец, В. В. Пыльнев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2015. – № 3 (54). – С. 214–219.

120. Ригин Б.В. Пшенично-ржаные амфидиционы / Б. В. Ригин, И. Н. Орлова. – Л.: Колос, 1977. – 279 с.

121. Рубец В. С. Биологические особенности тритикале как основа совершенствования селекционного процесса: дис. ... докт. биол. наук: 06.01.05. – М., 2016. – 541 с.

122. Рубец В. С. Система селекционной оценки устойчивости озимой тритикале к прорастанию на корню / В. С. Рубец, Т. Т. Л. Нгуен, В. В. Пыльнев // Известия ТСХА. – 2012. – Вып. 1. – С. 132–141.

123. Рядчиков В. Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. – М.: Колос, 1978. – 365 с.

124. Сазоненко М. К. Прижизненное определение масла в семенах с помощью метода ядерного магнитного резонанса // Методы исследований с зернобобовыми культурами. – Орел, 1971. – Т. 2. – С. 190–193.

125. Саидухадзе Б. И. Селекция озимой пшеницы в Центральном регионе Нечерноземья России. – М.: ООО «НИПКЦ Восток-А», 2011. – 504 с.

126. Селекция на устойчивость к прорастанию на корню / Р. М. Рехметулин, А. И. Чирков, О. М. Хорева, О. М. Крутова // Селекция и семеноводство. – 1988. – С. 9–12.

127. Симмонде Д. Х. Строение развивающегося и зрелого зерна тритикале // Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком: сб. статей: пер. с англ. М. Б. Евгеньева / под ред. и с предисл. Ю. Л. Гужова. – М.: Колос, 1978. – С. 120–136.

128. Созинов А. А. Теоретические основы отбора при селекции озимых пшениц на качество зерна / А. А. Созинов, М. Г. Нарфентьев, А. М. Хейфец // Науч. тр. ВСПИ. – 1973. – Вып. 10. – С. 43–52.

129. Сокол Н. В. «Инфраматик 8100» в оценке селекционного материала / Н. В. Сокол, Н. В. Бородулина, А. Н. Хохол // Селекция и семеноводство. – 1989. – № 6. – С. 25–26.
130. Сокол Н. В. Оптимальные системы оценки селекционного материала на качество зерна: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар: Кубанский СХИ, 1990. – 25 с.
131. Создатов К. И. Высокоолеиновый сорт подсолнечника // Селекция, семеноводство и технология возделывания технических культур. – М., 1980. – С. 35–42.
132. Соловов Д. П. Устойчивость яровой пшеницы к предуборочному прорастанию в Нижнем Поволжье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – Саратов, 2003. – 23 с.
133. Сорта пшеницы и тритикале КНИИСХ имени П.П. Лукьяненко / Л. А. Беспалова, А. А. Романенко, Ф. А. Колесников [и др.]. – Краснодар, 2016. – С. 139–140.
134. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятков [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 312 с.
135. Степанова Л. В. Взаимосвязь высоты растений с некоторыми признаками у сортов мягкой яровой пшеницы / Л. В. Степанова, Л. И. Долгодворова // Биологические основы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. ТСХА. – М., 1984. – С. 17–20.
136. Суворовикин В. Н. Создание исходного селекционного материала подсолнечника с высоким объемным весом семян методом химического мутагенеза // Бюл. НТИ по масличным культурам ВНИИМК. – 1977. – Вып. 1. – С. 3–6.
137. Тарануха Г. И. Частная селекция и генетика люпина. – Горки, 1979. – 24 с.
138. Технологические свойства зерна тритикале / Н. С. Беркутова, Н. Давыдова, Д. Беркутова, Е. Бучма // Хлебопродукты. – М., 2008. – № 1. – С. 45–47.
139. Ткаченко П. И. Высокоолеиновые гибриды подсолнечника // Технические культуры. – 1990. – № 4. – С. 10–13.
140. Токарев Л. В. О взаимосвязи объемной массы с другими физико-механическими свойствами семян подсолнечника // Бюл. НТИ по масличным культурам ВНИИМК. – 1979. – Вып. 1. – С. 29–38.
141. Трофимовская А. Я. Ячмень (эволюция, классификация, селекция). – Л.: Колос, 1972. – 294 с.
142. Турбин Н. В. Генетическое изучение алкалоидности у люпина / Н. В. Турбин, В. С. Анохина // Селекция, семеноводство и приемы возделывания люпина. – Орел, 1974. – С. 109–120.

143. Федорова Т. Н. Биохимические и технологические особенности зерна октоплоидных (8х) тритикале / Т. Н. Федорова, Н. С. Беркутова, Е. Н. Лазарева // Селекция и семеноводство. – 1988. – Т. 6. – С. 12–15.
144. Хангильдин В. Х. Селекция гороха на качество зерна и высокую продуктивность / В. Х. Хангильдин, В. В. Хангильдин // Вопросы качества продукции зернобобовых культур. – Орел, 1970. – С. 13–20.
145. Характеристики сортов растений, впервые включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. – М.: Росинформагротех, 2011–2017.
146. Харченко Л. Н. Об отборе на качество масла по части семян у подсолнечника / Л. Н. Харченко, Т. Г. Плытникова // Использование биофизических методов в генетико-селекционном эксперименте. – Кишинев, 1977. – С. 100.
147. Харченко Л. Н. Прижизненный анализ жирно-кислотного состава масла у подсолнечника как способ выделения биотипов / Л. Н. Харченко, Т. Г. Плытникова // Докл. ВАСХНИЛ. – 1979. – № 9. – С. 16–18.
148. Хоруужина С. И. Биохимические и физико-химические основы технологии солода и пива. – М.: Колос, 1999. – 312 с.
149. Частная селекция полевых культур: учебник / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хулацария [и др.]; под ред. В. В. Пыльнева. – СПб.: Лань, 2016. – 544 с.
150. Частная селекция полевых культур / под ред. Ю. Б. Коновалова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 543 с.
151. Чекрыгин П. М. Результаты изучения исходного материала для селекции гороха с зерном высокого качества // Вопросы качества продукции зернобобовых культур. – Орел, 1970. – С. 31–41.
152. Чумикин Л. В. Зависимость биохимических и физиологических характеристик зерна пшеницы, ржи и тритикале от условий прорастания / Л. В. Чумикин, Л. И. Абрамова, В. В. Колпакова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 2. – С. 40–43.
153. Шевчук Т. Е. Генетические источники рутина в селекции гречихи // Тез. докл. 5-го съезда ВОГИС. – М., 1987. – Т. 4. – № 2. – С. 247–248.
154. Шишлова Н. П. Физиолого-биохимические особенности озимого тритикале в связи с устойчивостью к предуборочному прорастанию: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. – Минск, 2002. – 21 с.
155. Шумилин П. И. Межсортовая изменчивость технологических свойств гороха и перспективы использования ее в селекции // Науч. тр. ВНИИЗБК. – Орел, 1978. – Т. 7. – С. 61–67.
156. Шумилин П. И. О методах оценки технологических свойств зерна гречихи в процессе селекции / П. И. Шумилин, Л. Н. Святкова // Науч. тр. ВНИИЗБК. – Орел, 1976. – Т. 5. – С. 197–204.

157. Шумилин П. И. Сравнительная оценка методов определения разваримости семян зернобобовых культур // Науч. тр. ВНИИЗБК. – Орел, 1972. – Т. 7. – С. 421–431.
158. Шумилин П. И. Улучшение качества зернобобовых культур // Селекция и семеноводство зернобобовых культур. – Орел, 1987. – С. 120–127.
159. Шуравина Л. Г. Влияние межсортовых и сортолинейных скрещиваний на химический состав семян первого поколения гибридов подсолнечника // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции ВИР. – 1972. – Т. 48. – № 1. – С. 168–176.
160. Юсова О. А. Оценка качества зеленой массы озимого тритикале в условиях южной лесостепи Западной Сибири / О. А. Юсова, А. Н. Ковтуненко, В. М. Трипутин // Тритикале. Агротехника, технология использования зерна. Материалы международной научно-практической конференции «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки». – Ростов-н/Д., 2016. – С. 76–81.
161. Ярош Н. П. Изменчивость биохимических показателей качества проса в зависимости от генотипа и условий выращивания в разных зонах / Н. П. Ярош, А. Ф. Курцева // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1985. – Вып. 149. – С. 23–29.
162. Яшовский И. В. Селекция и семеноводство проса. – М.: Агропромиздат, 1987. – 255 с.
163. Activities of two types of  $\alpha$ -amylase in inhibitors in rye in relation to wheat and triticale / F. Tafel, W. Flamme, G. Jansen, R. Czuderna // International Symposium on Rye breeding Genetics 27–29 June. – 1996. – P. 153–155.
164. Effect of grain colour gene (R) on grain dormancy and sensitivity of the embryo to abscisic acid (ABA) in wheat / E. Himi, D. J. Mares, A. Yanagisawa, K. Noda // Journal of Experimental Botany. – 2002. – Vol. 53. – No. 374. – P. 1569–1574.
165. Effects of pericarp  $\alpha$ -amylase activity on wheat (*Triticum aestivum*) Hagberg falling number / G. D. Lunn, P. S. Kettlewell, B. J. Major, R. K. Scott // Annals of Applied Biology. – 2001. – Vol. 138. – Issue 2. – P. 207–214.
166. Gubler F. Dormancy release, ABA and pre-harvest sprouting / F. Gubler, A. A. Millar, J. V. Jacobsen // Current Opinion in Plant Biology. – 2005. – Vol. 8. – P. 183–187.
167. Hagemann M. G. Environmental Genotype Effects on Seed Dormancy and After-Ripening in Wheat / M. G. Hagemann, A. J. Cihra // Agronomy Journal. – 1987. – Vol. 79. – P. 192–196.
168. Huskowska T. Breeding of winter triticale for improvement of grain characters / T. Huskowska, T. Wolski, A. Ceglinska // Genetics and breeding of triticale. – Paris, 1985. – P. 641–649.

169. King R. W. Water Uptake in Relation to Pre-harvest Sprouting Damage in Wheat: Ear Characteristics / R. W. King, R. A. Richards // Australian Journal of Agricultural Research. - 1984. - Vol. 35 (3). - P. 327-336.

170. Pylnev V. V. Evolution of wheat as a result of breeding and selection // Breeding of small grains: proceedings. - Belgrade, 1998. - 480 p.

171. Reddy L. V. Effect of Temperature on Seed Dormancy of Wheat / L. V. Reddy, R. J. Metzger, T. M. Ching // Crop Science. - 1985. - Vol. 25. - No. 3. - P. 455-458.

172. Sodkiewicz W. Sprouting resistance and falling number values in introgressive *Triticale/T. monococcum* lines / W. Sodkiewicz // Biologia Plantarum. - 1999. - Vol. 42. - Issue 4. - P. 533-539.

173. Taufel F. Alpha-amylase inhibitors of rye: factor for quality and resistance / F. Taufel, W. Flamme // Vorträge fuer Pflanzenzuechtung. - 1991. - Vol. 20. - P. 340-343.

Лидия Ивановна ДОЛГОДВОРОВА,  
Владимир Валентинович ПЫЛЬНЕВ,  
Ольга Алексеевна БУКО,  
Валентина Сергеевна РУБЕЦ,  
Юлия Николаевна КОТЕНКО

## СЕЛЕКЦИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА КАЧЕСТВО

*Учебное пособие*

Под редакцией В. В. Пыльнева  
Издание второе, стереотипное

Зав. редакцией ветеринарной  
и сельскохозяйственной литературы Т. В. Карпенко

ЛР № 065466 от 21.10.97  
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028  
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»  
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com;  
196105, Санкт-Петербург, пр-кт Юрия Гагарина, 1, лит. А.  
Тел.: (812) 412-92-72, 336-25-09.  
Бесплатный звонок по России: 8 800-780-40-71

### ГДЕ КУПИТЬ

#### ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ:

*Для того, чтобы заказать необходимые Вам книги, достаточно обратиться  
в любую из торговых компаний Издательства Дома «ЛАНЬ»:*

по России и за рубежом  
«ЛАНЬ-ТРЕЙД», 196105, Санкт-Петербург, пр-кт Юрия Гагарина, 1, лит. А  
тел.: (812) 412-85-78, 412-14-45, 412-85-82; тел./факс: (812) 412-54-93  
e-mail: trade@lanbook.ru  
www.lanbook.com

пункт меню «Где купить»  
раздел «Прайс-листы, каталоги»

в Москве и в Московской области  
«ЛАНЬ-ПРЕСС», 115432, Москва, пр-кт Андропова, д. 10  
(ВЦ Технопарк Плаза), этаж 6, оф. 6.006  
тел.: (499) 350-62-10, (495) 252-79-20; e-mail: lanpress@lanbook.ru

в Краснодаре и в Краснодарском крае  
«ЛАНЬ-ЮГ», 350010, Краснодар, ул. Зиповская, д. 9, литер Д, пом. 31;  
тел.: (861) 274-10-35; e-mail: lankrd98@mail.ru

#### ДЛЯ РОЗНИЧНЫХ ПОКУПАТЕЛЕЙ:

интернет-магазин  
Издательство «ЛАНЬ»: <http://www.lanbook.com>

магазин электронных книг  
Global FS: <http://globalfs.com/>

Подписано в печать 26.03.25.  
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 60×90<sup>1/16</sup>.  
Печать офсетная/цифровая. Усл. п. л. 16,00. Тираж 500 экз.

Заказ № 182-25-1.

Отпечатано в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета  
в АО «Т8 Издательские Технологии».  
109316, г. Москва, Волгоградский пр-кт, д. 42, к. 5.

