

УЗБЕКСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ
И ЭЛЕКТРОФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (УЗМЭИ)

На правах рукописи

ФАН Суан Зунг

**ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ
„СОЛНЦЕ—ПОЧВА—РАСТЕНИЕ“
ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА
БАТАТА В УСЛОВИЯХ ВЬЕТНАМА**

Специальность 05.20.01 — Механизация сельскохозяйственного
производства

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук



ЯНГИЮЛЬ — 1994

к

Работа выполнена в Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИМСХ) и в Институте механики и сейсмостойкости сооружений им. М. Т. Уразбаева (ИМ и СС) АН РУз.

Научные консультанты:

- доктор технических наук, профессор, академик АН РУз
А. Д. ГЛУЩЕНКО,
- доктор технических наук, профессор, чл.-корр. УзАСХН
Р. Д. МАТЧАНОВ

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук, профессор, Заслуженный механизатор сельского хозяйства Республики Узбекистан М. С. ГАНИЕВ,
- доктор технических наук, профессор, Заслуженный механизатор сельского хозяйства Республики Узбекистан Р. И. БАЙМЕТОВ,
- доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр.
УзАСХН И. В. МАССИНО.

Ведущая организация — Ташкентский государственный технический университет им. Беруни.

Защита диссертации состоится « 23 » ноября 1994 г. в 13⁰⁰ час на заседании специализированного Совета Д.125.01.21 по присуждению ученой степени доктора технических наук в Узбекском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (УзМЭИ).

Адрес: 702841 — Ташкентская область, Янгиюльский район, п/о Гульбахор-1, УзМЭИ.

С диссертаций можно ознакомиться в библиотеке УзМЭИ.

Автореферат разослан « 20 » октября 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

С. Наркулов

НАРКУЛОВ С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Рациональное использование солнечной энергии является главным резервом повышения урожайности многих культур, среди которых и батат.

В мире по занимаемым площадям (15 млн.га) он уступает только картофелю (22 млн.га), ежегодный сбор клубней батата превышает 130 млн.т. Для Вьетнама батат является самым распространенным культурным растением при среднем урожае ~ 7 т/га, что ниже мирового уровня (~ 20 т/га). Главными причинами этого являются неполное использование резервов солнечной энергии, воды, удобрений и агротехники для улучшения условий функционирования растений и формирования их урожая.

В связи с изложенным, проблема создания системы моделей, связанных с использованием солнечной энергии, почвой и растением, на основании которых формируются основные параметры агротехники возделывания растений батата является актуальной.

Отдельные положения данной диссертации выполнены согласно плану НИР Ин и СС им.М.Т.Уразаева АН РУз по теме: "Моделирование теплофизических, физиологических и гидромеханических процессов в развитии растений", входящие в план УэфФМ ГКНТ Республики Узбекистан (грант № 42 от 2.05.1994 г.).

цель работы - создание тепломеханических моделей системы "солнце-почва-растение батата" (С.П.Р-Б.), разработка и обоснование основных параметров процесса возделывания батата на основе комплексного исследования системы С.П.Р-Б., обеспечивающей растениям максимальное использование солнечной энергии с минимальной затратой удобрений и воды для получения максимального урожая.

Изложенный объем диссертации содержит следующие положения научной новизны:

- расчетные модели изменения температуры почвы, воздуха: дневной, месячной и сезонной при возделывании растений;
- доказательства реальности гипотез процессов: - транспортирование углекислого газа, фотосинтеза глюкозы и транспирации воды листьями растений;
- методики количественной оценки продуктов фотосинтеза,

транспирации воды, содержания неорганических соединений в растениях и потребности растений в удобрениях и поливной воде;

- модели колебаний тепломеханических насосов листьев растений, корневой системы и почвенных слоев;

- методики построения модели развития растений батата, позволяющие повысить его урожай клубней и механизировать процессы возделывания.

Практическая ценность работы. Предложенные тепломеханические модели процессов функционирования растений батата характеризуют основные функции растений по обеспечению большего урожая. Это позволяет вскрыть резервы максимального использования солнечной энергии при рациональном расходовании минеральных удобрений и затрат на технологические операции возделывания, построить модель оптимального растения и реализовать технологический процесс его возделывания.

Реализация научно-обоснованных технологических процессов возделывания растений, использующих описанные технологические модели, оценивается резервами достижения урожая клубней батата 40-45 т/га в условиях Вьетнама.

Объект исследования. Тепломеханические процессы функционирования растений и технологические процессы возделывания батата в условиях Вьетнама.

Методика исследования. В разработке и обосновании параметров тепломеханических моделей системы "С.П.Р-Б." использовались методы: физические, химические, тепломеханические, теории колебаний, операционного исчисления, физиологии растений и почвоведения.

Экспериментальные исследования проводились на лабораторных установках, приближенных к полевым условиям для решения задачи поступления тепла в почву.

Алгоритмы исследования и прогнозирования температурных полей в поверхностных слоях почвы модели системы "С.П.Р-Б." проводились в виде резервированных модулей для расчета ЭЭМ.

Апробация работы:

1) Диссертационная работа доложена и обсуждена на заседаниях объединенных семинаров: "Теория механизмов и машин хлопкового производства" Института ИМ и СС АН РУз; кафедр: "Сельхоз-

машины", "ЭМТП", "Трактора и автомобили ТИИМСХа; Института химии и физики полимеров (ИХ ФП) АН РУз; Улановского проектно-исследовательского института по с/х машинам (РІАМ); Узбекского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства (УЭИЭ).

2) Отдельные результаты исследования докладывались и обсуждались на ученых советах институтов: Узбекского НИИ хлопководства (НИО "Узхлопок"), Института удобрений АН РУз; НИО "Биолог" АН РУз (Института экспериментальной биологии ИНЭБР АН РУз); на Республиканской конференции, посвященной 85-летию академии АН РУз Х.А.Рахматулина и 70-летию член-корр. АН РУз Д.Ф.Файзуллаева.

Публикация: Основные результаты диссертации опубликованы в 14 печатных работах, в том числе в 2-х монографиях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из Введения, 9 глав, общих выводов, списка использованной литературы, состоящего из 195 наименований и приложений.

Содержание диссертации изложено на 376 страницах машинописного текста, включает 69 таблиц, 32 рисунка и приложение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию актуальности темы, постановке целей работы и основных положений научной новизны диссертации.

В первой главе "Анализ исследований о развитии моделей системы "Солнце-почва-растение" (С.П.Р.) дан анализ исследований по созданию системы моделей, связанных с использованием энергии солнца и почвы для обеспечения основных процессов функционирования растений и формирования их урожая, материалы которой включают:

1. Краткие сведения о растениях батата.
2. Анализ исследований о влиянии интенсивности солнечного излучения на развитие растения в системе "С.П.Р."
3. Обзор исследований о процессах фотосинтеза и транспирации воды в растениях.
4. Анализ опубликованных работ по оценке потребности в удобрениях.

5. Анализ опубликованных работ о создании моделей системы "С.П.Р." и задачи исследований диссертационной работы.

Во второй главе "Прогнозирование температурных полей в поверхностном слое почвы для модели системы "Солнце-почва-растение батата" (С.П.Р-Б) с использованием операционного исчисления приведены решения уравнений для определения функций:

- колебаний и осредненных значений амплитуд импульсов солнечной энергии дневной, сезонной и обусловленной флуктуациями погодных условий в течение сезона возделывания сельскохозяйственных растений;
- температуры нагревания поверхностных и глубинных слоев почвы, позволяющей осуществлять более точную температурную оценку функционирования растений;
- поступления солнечной энергии к почве и растениям батата.

Решение этих задач в порядке возрастания их сложности было оценено.

2.1. Интенсивностью солнечной энергии, поступающей в модель системы С.П.Р-Б. равными импульсами по уравнению:

$$N_1(t) = N_0 \left\{ \frac{\tau_0}{\tau_c} - \cos \omega_c t \right\} \left\{ \frac{1}{2\pi} + \sin \frac{\omega_c \tau_c}{\pi} \right\} \cdot \left[\frac{\tau_0}{\tau_c} - \frac{\tau_c \tau_0}{2(4\tau_0^2 - \tau_c^2)} \right] \left[\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \right] \quad (1)$$

где N_0 - половина максимальной интенсивности солнечного излучения в дневное время $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$;

τ_0 - длительность импульса солнечного излучения в дневное время, ч;

τ_c - время суток, ч.

2.2. Интенсивностью солнечной энергии, поступающей в модель системы С.П.Р-Б. плавно изменяющимися импульсами:

$$N_2(t) = N_1(t) + A_{2c} \cdot \cos \omega_c t - A_{2M} \cos \omega_M t, \left[\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \right] \quad (2)$$

$$\text{где } A_{2c} = N_0 \left\{ \frac{1}{2\pi} - \tau_c \frac{\sin \omega_0 \tau_c}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{\tau_c} - \frac{\tau_c}{2(4\tau_0^2 - \tau_c^2)} \right] \right\} + N_M \tau_M \cdot \frac{\sin \omega_M \tau_c}{\pi} \left\{ \frac{1}{\tau_c} + \frac{1,5}{2\tau_M + \tau_c} + \tau_M \left[\frac{\tau_M + 6\tau_c}{\tau_c(\tau_M^2 - \tau_c^2)} + \frac{6}{3\tau_M^2 - \tau_c^2} \right] \right\} \cdot \left[\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \right] \quad (3)$$

$$A_{2M} = \frac{N_M}{\pi} \tau_c \cdot \sin(\omega_M \tau_c) \cdot \left[\frac{1}{2\tau_M} - \frac{\tau_M}{\tau_M^2 - \tau_c^2} \right] \cdot \left[\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \right] \quad (4)$$

N_M - среднемесячная интенсивность солнечного излучения, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$;

τ_M - среднемесячное число часов солнечного излучения, ч.

2.3. Уравнением изменения температуры на глубине Z в поверхностном слое почвы в момент времени t дня:

$$T(t, Z) = (T_H - T_c) \cdot e^{-\frac{\lambda^2 \cdot K_n}{T_n \cdot C_n} t} \cdot \cos \lambda Z + \frac{A \gamma_n C_n}{2K_n} \left[(z - z_n)^2 - \frac{Z}{Z_c} (z_c - z_n)^2 \right] + \frac{Z}{Z_c} T_c + T_g(Z) \sin \omega_n t + T_c(Z) \cos \omega_n t \quad (5)$$

где: $\lambda = (k+1) \cdot \pi / 2Z_c$, $k = 0, 2, 4$ - четное число;

$T_H - T_c$ - прирост начальной температуры на поверхности почвы, $^{\circ}\text{C}$;

Z_c - толщина поверхностного слоя почвы, где "завязывают" дневные колебания температуры в течение времени τ_c суток, м;

K_n - коэффициент теплопроводности почвы, $\text{ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

C_n - коэффициент теплоемкости почвы, $\text{ккал/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

γ_n - удельный вес почвы, кг/м^3 ;

Z_n - толщина слоя почвы с максимальной температурой, м;

S_n и S_M - площадь прогреваемой солнцем почвы и всей модели системы С.П.Р-Б. ($S_M = 1 \text{ м}^2$);

T_c - температура в слое $Z = Z_c$, $^{\circ}\text{C}$; $\omega_n = 2\pi / \tau_n$;

$\tau_n < \tau_c$; τ_n - время поглощения солнца почвой в течение суток, ч.

$$A = \frac{N_{na} \cdot S_n}{2 \gamma_n \cdot S_m \cdot Z_n \cdot C_n} \quad ; \quad N_{na} = \frac{1}{2} N_c S_m \quad (6)$$

$T_g(z)$ и $T_c(z)$ - коэффициенты колебаний температуры, определяемые с учетом краевых условий.

Третья глава "Энергетическая оценка основных продуктов фотосинтеза растений" посвящена комплексной оценке энергопотребления на создание основных продуктов (веществ) фотосинтеза растений.

3.1. В качестве критерия энергоемкости продукта принимали высшую теплотворную способность (по аналогии с топливами), которую определяли по формуле Д.Н.Менделеева:

$$Q_p^* = 300 H_p + 81 C_p - 260 O_p \quad / \text{ккал/кг} / \quad (7)$$

где: H_p , C_p , O_p - процентное содержание водорода, углерода и кислорода в данном продукте.

3.2. Химическая оценка продуктов фотосинтеза, выполнялась на основании стандартной энтальпии реакции образования 1 моля и 1 кг вещества.

3.3. Физическая оценка продуктов фотосинтеза базировалась на учете энергии фотонов солнечного света.

В главе 4 "Гипотеза о реализации основной реакции фотосинтеза" дано обоснование оригинальных гипотез транспорта молекул углекислого газа к листьям растений, явлений ассимиляции этого газа и транспирации воды листьями растений. Предложены методы прямого расчета процессов фотосинтеза, глюкозы листьями растений и выброса капель воды из испарительных устьиц этих листьев. Основные позиции главы включают подразделы.

4.1. Гипотеза об явлении транспортирования углекислого газа листьям растений и условиях его ассимиляции в устьицах листьев. Проанализированы гипотезы о двух вариантах транспортирования CO_2 в ночное время суток в верхние слои атмосферы воздуха:

Первая, когда каждая молекула CO_2 окружена "облаком" из плотноупакованных молекул азота; для обеспечения такого движения в "облаке" должно быть более:

$$V_{0a} > \frac{\rho_{CO_2} - \rho_{O_2}}{\rho_{O_2} - \rho_a} \text{ молекул азота} \quad (8)$$

где ρ_{O_2} , ρ_{CO_2} , ρ_a - плотность воздуха, CO_2 и азота в $кг/м^3$.

Вторая, когда к молекуле угарного газа CO плотно "приклеиваются" молекулы азота с "защитой" его от окисления кислородом воздуха и в таком виде смесь более легкая, чем воздух, транспортируется в верхние слои атмосферы, под воздействием снижения давления воздуха молекулы азота "отклеиваются" частично от молекулы CO , что позволяет кислороду воздуха окислить CO в CO_2 , однако при этом снизу расположенные молекулы азота продолжают быть "приклеенными" к молекуле CO_2 и удерживают ее в атмосфере воздуха.

Расчеты по формуле (8) показали, что минимум $N_{0a} = 17$.

Имеющиеся опытные данные свидетельствуют о том, что процесс фотосинтеза продолжается в течение части времени светового дня, но количество CO_2 в пределах высоты растения недостаточно для этого процесса. Поэтому за основу принята гипотеза о наличии транспорта молекул CO_2 из верхних слоев воздуха вниз - и принятой модели системы С.П.Р-Б. Для этих условий скорость движения молекул CO_2 из слоев воздуха к растениям с учетом светового давления соответствовала формуле

$$V_c(t_i) = \frac{1}{K_V} \left[\frac{g,81 m_{0a}}{F_{0a}} + \frac{N_c(t_i)(1+R)}{C} \right], \text{ м/с} \quad (9)$$

где K_V - коэффициент сопротивления воздушной среды движению "облака" вниз, который является функцией температуры воздуха, T_0 ;

m_{0a} , F_{0a} - масса и площадь удерживающего молекулу углекислого газа плотного облака из азотных молекул, известных функции T_0 ;

$N_c(t_i)$ - интенсивность излучения солнца на $1 м^2$ модели, $Дж/м^2 \cdot с$;

R - коэффициент поглощения света поверхностным слоем почвы с растениями батата;

C - скорость света в пустоте, $м/с$.

На основании данных формулы (9) для модельных растений батата определяли: массы ассимилируемого углекислого газа, производимой глянкой и требуемой для фотосинтеза воды. Результаты вычисления этих параметров соответствовали данным опытов ученых Вьетнама и Китая.

4.2. Расчет водяной трубки модели системы С.П.Р-Б. Воспользуемая термином водяной трубки растения, в которую входят корни подземной части, водяные каналы в центральном стебле и боковых ветвях лозы, центральные каналы, боковые отводы и концевые капилляры в листьях, в результате суммирования их получали объем лозы с ветвями

$$V_{\text{лоз}} = (1102,4 l_{\text{осл}} + 1456,84 A_{\text{вет}} + 686,84 A_{\text{л}} + 2429,28 \delta_{\text{л}}^2) \delta_{\text{л}}^2 \quad (10)$$

где $l_{\text{осл}}$ - длина основной лозы, м; $A_{\text{вет}}$ - длина одной ветви, м; $A_{\text{л}}$, $\delta_{\text{л}}$ и $l_{\text{л}}$ - длина, толщина водяной трубки и плодоножка листа в м.

4.3. Гипотеза об условиях испарения воды водяной трубкой растения. Были проанализированы условия подвода воды к листьям растения в их испарения под действием светового солнечного излучения. Это позволило обосновывать методику расчетной оценки явления транспирации модели С.П.Р-Б. с поверхности эталонного поля 1 м^2 , которая использовала допущения:

4.3.1. О выбросе воды из испарительного устья молекулами. Модель концевого капилляра и нижнего устья листа в этом случае приняли согласно рис. 1а. На этой модели концевой участок капилляра выполнен в форме цилиндра постоянного диаметра d_1 , мениск которого имел шаровую поверхность (в сечении по дуге ВДГ радиуса r_1). Концевое сечение устья характеризовалось менявшимся размером d_{y1} до d_{y2} за счет перемещений боковых стенок АВ (А'В) и БГ (Б'Г), зависящих от интенсивности выброса молекул воды из мениска капилляра. Считали, что каждая выбитая молекула воды представляется кубом с размером ребра $d_m = 3,11 \cdot 10^{-10}$ м. Уравнение всех сил, действующих на молекулу воды по оси ox получено в виде:

$$S_m(t) = \frac{A_m}{a_m} \left[t + \frac{1}{a_m} (e^{-a_m t} - 1) \right]$$

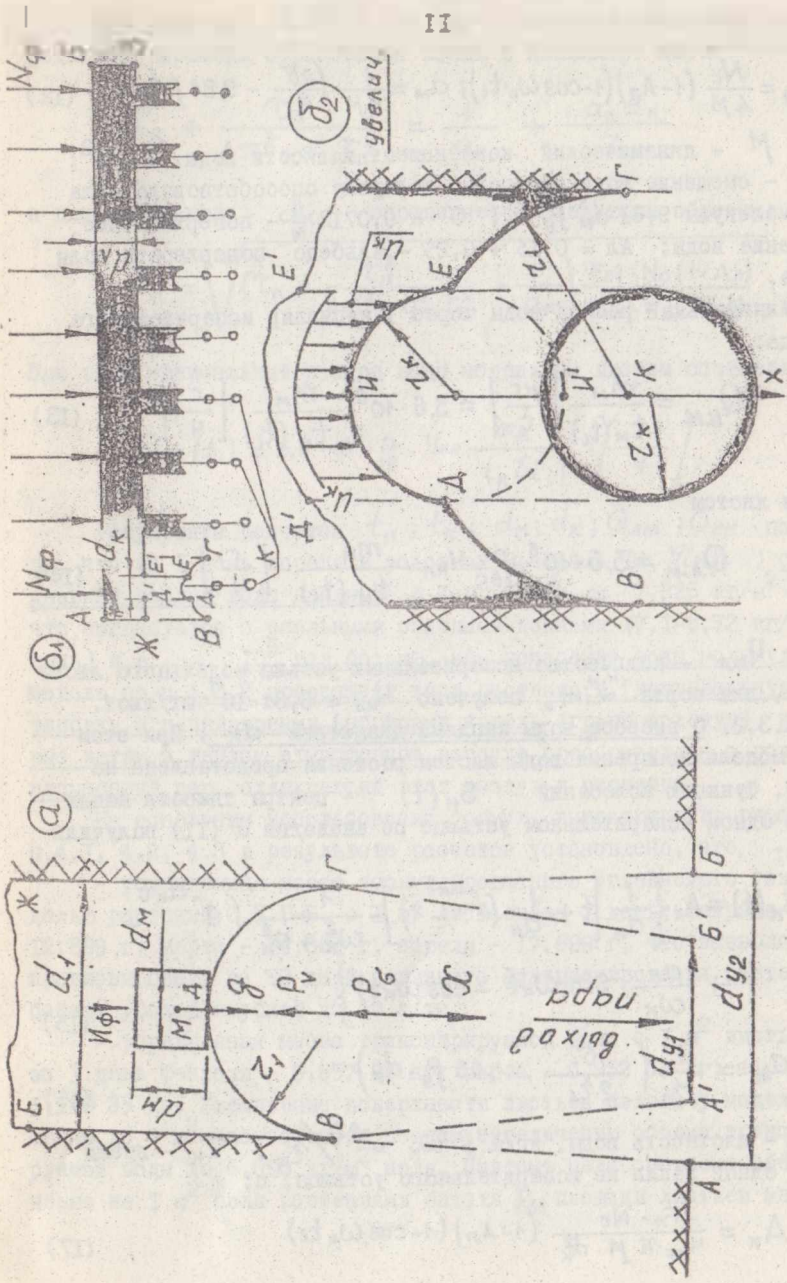


Рис. 1. Модель концевго капилляра нижнего участка листа для испарения воды (а) и модель испарения воды листом растения (б)

$$A_M = \frac{N_0}{4M} (1 - A_A) (1 - \cos \omega_k t_i); \quad a_M = \frac{1}{4\mu} \left(\frac{2\sigma}{r_1} - 9,81 \rho d_M \right) \quad (12)$$

где: M - динамический коэффициент вязкости воды, и $0/м^2$;
 S_M - смещение молекулы воды, которому способствовала сила веса молекулы $9,81 d_M^3 \rho$; $\sigma = 0,0712 \frac{Н}{М}$ - поверхностное натяжение воды; $A_A = 0,15 + 0,25$ - Альбецо поверхности поля батата.

Минимальный расход воды через I капилляр испарительного устьяца:

$$Q_{\text{ин}} = \frac{m_M}{t_M(t_i)} \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right] = 3,6 \cdot 10^6 \frac{m_M}{t_M(t_i)} \left[\frac{г}{ч} \right] \quad (13)$$

каждым листом

$$Q_{\text{л.л}} = 3,6 \cdot 10^6 \rho \cdot \chi_{\text{л.л}} \cdot \frac{m_M}{t_M(t_i)} \left[\frac{г}{ч} \right] \quad (14)$$

где: $\chi_{\text{л.л}}$ - количество испарительных устьиц модельного листа батата, для сорта $\chi_{\text{л.л}}$ получено $\chi_{\text{л.л}} = 6,84 \cdot 10^7$ шт/лист.

4.3.2. О выбросе воды каплями диаметром d_K . При этом схема модели испарения воды листом растения представлена на рис. 16. Функцию колебания $S_K(t)$ - центра тяжести капли воды в одном испарительном устьице по аналогии с (II) получили в виде:

$$S_K(t) = A_K \left\{ \frac{1}{a_K} \left[t + \frac{1}{a_K} (e^{-a_K t} - 1) \right] - \frac{1}{\omega_K^2 + a_K^2} (e^{-a_K t} + \frac{a_K}{\omega_K} \cdot \sin \omega_K t - \cos \omega_K t) \right\} \quad (15)$$

$$\text{где: } a_K = \frac{1}{\mu} \left(\frac{\sigma}{2r_1} - 1,63 \rho \cdot d_K \right) \quad (16)$$

ρ - плотность воды, $кг/м^3$; $\omega_K = \frac{2\pi}{T_K}$; T_K - время полета одной капли из испарительного устьяца, с;

$$A_K = \frac{F_A \cdot N_0}{\chi_{\text{л.л}} \cdot 4 \cdot \mu \cdot d_K^2} (1 - A_A) (1 - \cos \omega_k t_i) \quad (17)$$

При условии $S_k(t_k) = d_k$ получили уравнение для определения времени образования капли в капилляре листа:

$$\tau_k + \frac{\tau_k^2}{4\pi^2 + a_k^2 \tau_k^2} = \frac{1}{a_k} + \frac{a_k d_k}{A_k} \quad (18)$$

а диаметр капли d_k определяется следующим образом:

$$d_k = \sqrt{\left(\tau_k + \frac{\tau_k^2}{4\pi^2 + a_k^2 \tau_k^2} - \frac{1}{a_k}\right) \frac{F_{кл} \cdot N_{сг}(t - A_k)}{a_k \cdot \chi_{мл} \cdot \pi \cdot l}} \quad (19)$$

При этом минимальный расход воды модельным листом составил

$$Q_{лк}(t_i) = 3,6 \cdot 10^6 \cdot \rho_H \cdot \chi_{мл} \cdot \frac{m_H}{t_k(t_i)} \left[\frac{r}{\chi} \right] \quad (20)$$

Результаты расчетов $t_M, t_K, d_M, d_K, Q_{лм}, Q_{лк}$ показали, что за I день апреля в условиях Вьетнама (M. Vinh) средний дневной расход воды каплями с I м² $Q_{лк} \approx 7,325$ кг/м². день, что согласуется с реальными опытными данными (7,1-8,72 кг/м². день) и в $\sim 10^7$ раз больше, чем испарение воды молекулами. Модель по п.4.3.2 превращает лист растения в "дождевальную" установку с капиллярными выбросами капель (групп молекул), которые затем в теплом атмосферном воздухе преобразуются в водяной насыщенный пар, охлаждающий этот воздух и растения.

На основании использования формул, вытекающих из гипотез п.4.1, 4.2, 4.3 в результате расчетов установлено, что

- усредненная масса ассимилированного углекислого газа моделью растений С.П.Р-Б. с I м² листьев за I день: февраля - 12,899 г, марта - 14,081 г, апреля - 17,899 г, что позволяет прогнозировать за 90 дней активного функционирования растений батата урожай клубней до 40 т/га;

- усредненная масса транспирируемой воды с I м² листьев за I день февраля - 0,857 02 кг; марта - 0,952 53 кг; апреля - 1,159 35 кг. Увеличение поверхности листьев батата у модели системы до 5 м² способствует резкому увеличению объема транспирируемой воды до 6,090 кг/м² поля. Поэтому целесообразно обеспечение на I м² поля растениями батата \bar{N}_H площади листьев менее

3 м²; в этом случае может быть обеспечено существенное снижение (1,5-2,5) раз затрат воды на производство батата, лучшее прогревание почвы солнечным излучением при обеспечении высокого урожая.

В пятой главе "Прогнозирование урожая и биомассы растения модели С.П.Р-Б." дано обоснование модели развития растений батата, учитывающей поглощенную солнечную энергию, длительность сезона возделывания и планируемый урожай батата. Такая модель позволяет планировать тепломеханический процесс возделывания с максимальным использованием солнечной энергии при минимальных затратах на удобрения и поливную воду. Здесь же определен К.П.Д. технологического процесса возделывания в условиях Вьетнама с оценкой энергозатрат на производство клубней. В этой главе рассмотрены следующие вопросы:

5.1. Анализ условий движений капель, испарения и накопления молекул воды в воздухе вокруг листьев растения модели С.П.Р-Б., ограничения объема фотосинтеза.

Условие движения описывалось уравнением сил, перемещающих центр тяжести капли воды вниз:

$$\frac{d^2 Z_c(t)}{dt^2} = g \left[1 - \frac{\gamma_{\text{ов}}}{\gamma_0} + \frac{3 \cdot \lambda \cdot N_c}{2c \cdot \gamma_0 \cdot d_N} (1 - \cos \frac{2\pi t}{T_0}) \right] \quad (21)$$

где $\gamma_{\text{ов}}$ - масса 1 м³ воздуха G_0 с учетом массы $G_{\text{ит}}$ воды, транспирированной листьями растения:

$$\gamma_{\text{ов}} = (G_0 + G_{\text{ит}}) : 1 \text{ м}^3, \text{ [кг/м}^3\text{]}; \quad (22)$$

Различие в плотности насыщенного пара $\rho_{\text{по}}$ и атмосферного воздуха ρ_0 создает подъемную силу для каждой молекулы пара:

$$F_n = \Delta V_N (\rho_{\text{по}} - \rho_0) g, 81, \text{ [Н]} \quad (23)$$

под действием которой осуществляется транспортирование молекул испаряемой воды в верхние слои атмосферы.

Движению молекул насыщенного пара в верхние слои атмосферы препятствуют силы светового давления солнечного света, функцию которых представили уравнением:

$$P_{cn}(t_i) = \frac{(1-A) \cdot Nc}{c} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{T_0} t_i\right) \frac{\pi r^2 d_m^2}{4} \cdot \sin \alpha_c, [H] \quad (24)$$

где: α_c - угол наклона солнца к поверхности почвы;

c - скорость света в пустоте, м/с.

Условие ограничения:

$$P_{cp} \geq P_n \quad (25)$$

Масса молекул воды, накапливаясь в 1 м^3 из-за транспирации листьями растения и ограничения транспортирования молекул насыщенного пара в верхние слои атмосферы, должна превысить:

$$G_{bc} \geq \frac{C_0}{\lambda \cdot 1 \text{ м}^2} \cdot m_m \quad (26)$$

где: m_m - масса молекул воды; кг;

λ - длина волны солнечного света, м;

$C_0 = 1,034 \cdot 10^{19}$ шт - число плотноупакованных молекул воды одного слоя по площади 1 м^2 модели поля.

Одновременное выполнение условий (25) и (26) соответствовало прекращению процесса ассимиляции молекул CO_2 и фотосинтеза глюкозы листьями растения.

Расчет по данной методике показал, что ограничения снижат в настоящее время урожайность батата с полей Вьетнама в апреле при условии М. Vinh в 1,5 раз (с 17,7 г/день до 10,83 г/день). Поэтому необходима разработка новых технологических процессов возделывания растений батата максимально, используя их солнечную энергию.

5.2. Общая оценка взаимосвязи урожая растения модели С.П.Р-Б. с интенсивностью солнечного излучения.

- Суммарная затрата солнечной энергии в импульсах $Q_0(t)$ на накопленную биомассу $G_{pc}(T_n)$ за (T_n) суток оставила

$$Q_{yc} = \int_0^{T_n} Q_0(t) dt \quad [\text{ккал}] \quad (27)$$

- Удельная затрата солнечной энергии на единицу биомассы накопленного растением урожая:

$$q_{yc} = \frac{Q_{yc}}{G_{pc}(T_n)} \quad \left[\frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \right] \quad (28)$$

по физической сущности $q_{ис}$ - эквивалентно высшей теплотворной способности сухой биомассы растения.

- Среднесуточный прирост биомассы урожая растения для суток

$$\Delta_{ис}(t) = \frac{dG_{ис}(t)}{dt} = \frac{1}{q_{ис}} \cdot \frac{dQ_0(t)}{dt} \cdot \left[\frac{\text{кг}}{\text{день}} \right] \quad (29)$$

Проведено исследование этих функций для различных вариантов погодных условий.

5.3. Расчетное прогнозирование роста урожая и сухой биомассы растения модели С.П.Р-Б. от поступления в нее солнечной энергии. В результате расчетов установили, что при урожаях клубней батата 31,9 т/га и 13,1 т/га теплотворную способность массы собранного урожая 4552 ккал/м² и 1986 ккал/м² - максимальные значения коэффициентов полезного действия К.П.Д. достигли до 1% на полях с урожаем 31,9 т/га, в реальных условиях полей батата при урожае 13,1 т/га $\eta \approx 0,44$, т.е. в 2+2,5 раза ниже. Имеются реальные резервы повышения урожая батата 1,5-2,5 раза. Минимальный расход солнечной энергии на производство 1 кг сырой массы клубней батата $1,426 \cdot 10^5$ ккал, в реальных условиях подобная цифра в 1,2-1,5 раза больше.

В шестой главе "Гипотеза о динамике тепловых насосов листьев растений" приведены материалы: анализа физических явлений при работе тепловых насосов устьиц листьев; аналитического описания динамики теплового насоса такого блока при транспорте воды, анализа условий работы распределительных капилляров водяной трубки листьев. Введено понятие о первичном блоке БУ клеточных структур модельного листа, выполняющем основные функции фотосинтеза, транспирации, транспорта воды и питательных веществ. При транспорте воды и питательных веществ блок БУ представляли модель эквивалентного упругого стержня с расчетной схемой (рис. 2,а). Уравнение продольных колебаний эквивалентного стержня блока клеточных структур листа получили в виде:

$$X_{in}(t, l) = A_{Ф1} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \sin \frac{n \pi l x}{L} \left\{ \frac{\omega_n}{\kappa a_n \theta_n^2} \left[1 - e^{-\theta_n^2 t} \cdot \left(\frac{\theta_n}{\kappa a_n} \cdot \sin \kappa a_n t + \cos \kappa a_n t \right) \right] + \frac{1}{\kappa^2} \left\{ \frac{1}{\kappa a_n^2} - \frac{1}{n^2 (\omega_n^2 - n^2 a_n^2)^2 + 4 \omega_n^2 n^2 a_n^2} \cdot \left[\kappa (\omega_n^2 - n^2 a_n^2) \cos \kappa a_n t + 2 \theta_n n \omega_n \sin \kappa n \omega_n t \right] \right\} \right\} \quad (30)$$

$$A_{n\phi} = \frac{\pi^2 \cdot \lambda_{\phi} \cdot \rho}{4 \cdot \lambda_{\phi} \cdot \rho} \cdot A_{\phi} \cdot (1-A) \cdot \psi_{\phi} \cdot E_{\phi} \cdot \left[\frac{m}{m \cdot c^2} \right] \quad (30a)$$

ψ_{ϕ} - число фотонов, поглощаемое клеточными структурами блока БУ, шт/с;

$E_{\phi} = \frac{h \cdot \nu(\phi)}{4 \cdot \rho(\phi)}$ - математическое ожидание средней энергии одного фотона, дж/шт;

$E_B = C_{39} \cdot \nu_{\phi} / 4$ - эквивалентный модуль упругости стержня; кг/м²;

где $\alpha_B^2 = E_B \cdot g = \pi^2 [4 \gamma_B \cdot \rho] \cdot n$ - номер гармоники колебаний ($n = 1, 2, 3, \dots$);

K - номер формы колебаний ($K = 1, 2, 3, 4, 5$).

Это решение доказывало наличие автоколебательных свойств у модели упругого стержня блока клеточных структур (рис. 2, а) листьев растений, что обеспечивало их функционирование в широком диапазоне интенсивности солнечного излучения.

Численные расчеты с использованием уравнения (30) показали, что модельный лист батата, имеющий $\sim 6,84 \cdot 10^7$ блоков БУ, сможет испарить за 1 час 6,173 г, а растение с площадью листьев первого яруса $F_{лс} = 1 \text{ м}^2$, прогреваемых солнцем за 1 день:

$G_{\phi} = 6054 \text{ г/м}^2 \text{ день}$, что близко к реальности (по данным биологов Вьетнама 4970-6104 г/м² при среднем коэффициенте использования воды листьями батата $\sim 0,7$ за сезон возматывания). Эти результаты показывают большие возможности блоков клеточных структур БУ листьев растений по транспирации воды, которые ограничиваются запасами последней в корневой системе.

Данные материалы позволяют выдвинуть гипотезу о функционировании блоков клеточных структур (БУ) в листьях растений батата; в результате анализа возможных вариантов построения которых выделены следующие группы:

- группа 1 состоит из 40 блоков БУ; группа 2 из 7 групп 1;
- группа 3 из 7 групп 2; группа 4 из 7 групп 3;
- группа 5 из 11 групп 4; группа 6 из 11 групп 5.

Моделирование гидравлической схемы водяной трубки листа казило:

- основная составляющая потеря давления воды при ее транспирации из листьев приходится на капилляр испарительного устьица;

- диаметр входного испарительного капилляра листа $d_A = 1,124$ мм при скорости воды в этом сечении $V_A = 5,766$ м/ч, поэтому можно считать правильным выбор диаметра капилляра к двум блокам БУ в группе I, равным $D_1 = 1,1 \cdot 10^{-5}$ м;

- наличие водяных испарительных капилляров групп I+6 и водной трубки листа снижает полезную площадь последнего, занимаемую блоками клеточных структур до 80%;

- предложенная методика может быть использована для расчетов гидравлической схемы водной трубки растения, для которой отдельные листья будут эквивалентны группам 6.

Для описания гипотезы о функционировании менисковой линзы ассимилирующего устьица и питательного насоса блоков клеточных структур листьев растений построена модель рабочего процесса питательного насоса для перекачки раствора глюкозы (рис. 2, б₁).

На рис. 2, б₁ показано сечение по толщине листа, в котором один из блоков клеточных структур БК2 совмещен с устьицами испарительным УИ и ассимилирующим УА, улавливающими молекулы H_2 углекислого газа. Устьице УА взаимосвязано с капилляром КВ испарительной воды и каналом КС для захвата молекулы H_2 углекислого газа, которые эквивалентны мембранам клеточных структур этого блока.

На рис. 2, б₂ показано увеличенное в 2 раза сечение верхней части ассимилирующего устьица (сравнительно с рис. 2, б₁) с различным положением точек B_1 , Γ_1 , D_1 верхнего контура менисковой линзы капилляра диаметром d_{An} . На рис. 2, б₃ показана форма (в сечении) капилляра ассимилирующего устьица УА между тремя смежными блоками клеточных структур БК1, БК2, БК3.

Уравнение колебаний молекул воды в капилляре ассимилирующего устьица листа (УА) получили в виде:

$$Z_A(t, z) = a_n \frac{H_0}{a_{An}} \cos \frac{\pi t_1}{a_{An}} \sin \frac{\pi l}{2 l_1} \left[2 \theta_n \cdot n \omega_k \cos n \omega_k t + (a_n^2 - n^2 \omega_k^2) \sin n \omega_k t \right] \cdot \left[(a_n^2 - n^2 \omega_k^2)^2 + 4 \theta_n^2 n^2 \omega_k^2 \right]^{-1/2} \frac{dt_1}{dt^2}$$

(31)

$$\text{где } \alpha_{\text{и}} = E_{\text{в}} \cdot \frac{g \cdot \pi^2}{\gamma_0} \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{и}}^3} - \frac{1}{d_{\text{к}}^3} \right); \theta_{\text{и}} = \frac{2M}{l_{\text{к}} d_{\text{и}}} \quad (32)$$

$\frac{d^2}{dt^2}$ - ускорение точки поверхностного слоя почвы в блоке клеточных структур листа.

α_A - коэффициент, пропорциональный $A_{\text{Ф1}}$ по (30.а)

В седьмой главе "Тепломеханические колебания в почве и корневой системе растений системы С.П.Р-Б." обоснованы модели построения подземной части растения данной системы, с помощью методов операционного исчисления и приближенного вычисления решены уравнения колебаний поверхностных слоев почвы и их импульсных колебаний, приложена методика расчета корневой системы с обеспечением нормального формирования урожая клубней.

Была принята модель взаимодействия между надземной и корневой системами растений батата (рис.3). На рис.3 показана схема разреза по I растению батата, у которого в надземной части размещены боковые ветви В1, В2, В3, ... листья Л1, Л2, Л3, ... Физиологами, опытами и расчетами установлена аналогия размещения боковых корней К1, К2, К3, К4, К5, главного корня АБ и боковых ветвей В1, В2, В3, В4, В5, главного стебля АС. Поэтому вводили понятие о блоках корней Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Б6, "листьях" корней (ЛК), которые выполняли функции обеспечения раствором воды (из почвы) листьев, клубней той ветви, которая эквивалентна данному боковому корню. Блоки Б1, Б2, Б3, ... обеспечивали раствором воды листья Л1, Л2, Л3, ... Такое допущение, обусловленное совместным развитием корней К1, К2, К3, К4 и ветвей В1, В2, В3, В4, обеспечивало поступление питательных веществ в клубень КЛ1 и блоки корней К1, К2, К3, К4, необходимых для их роста клеточных структур. Аналогичное взаимодействие осуществляли листья ветвей В5, В6, В7, В8 с клубнем КЛ2 и блоками корней "ветвей" К5, К6, К7, К8 и т.д.

Для анализа тепломеханических колебаний в почвенных слоях получили уравнение колебаний частиц поверхностных слоев почвы в следующем виде.

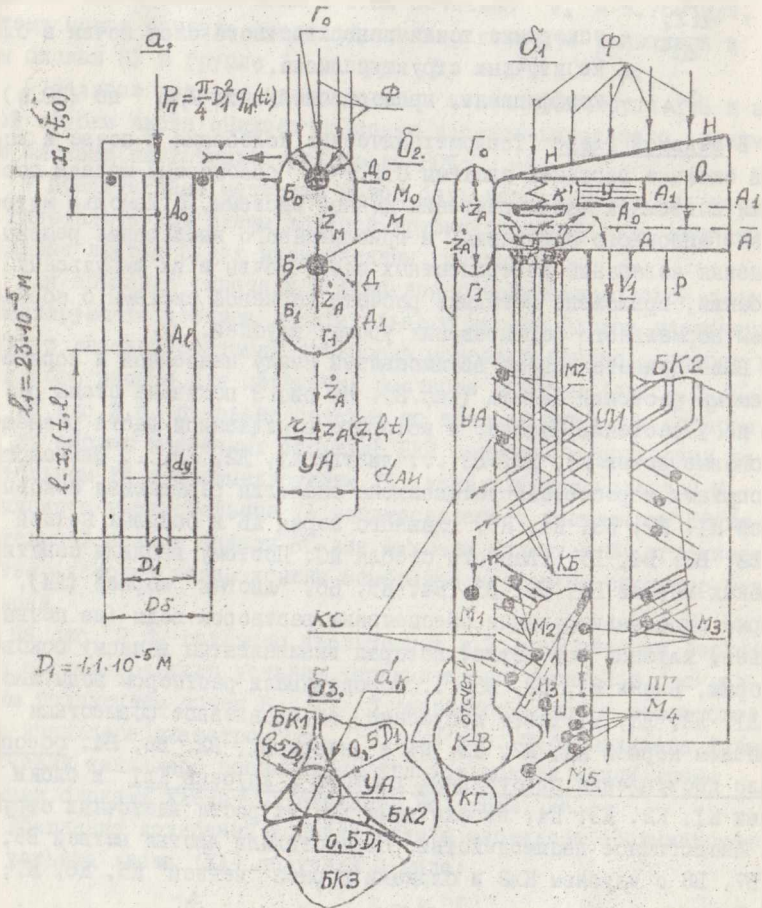


Рис. 2. Модель эквивалентного отержня блока клеточных структур листа (а) и модели рабочего процесса питательного насоса для перекачки раствора глюкозы ($\sigma_1, \sigma_2; \sigma_3$)

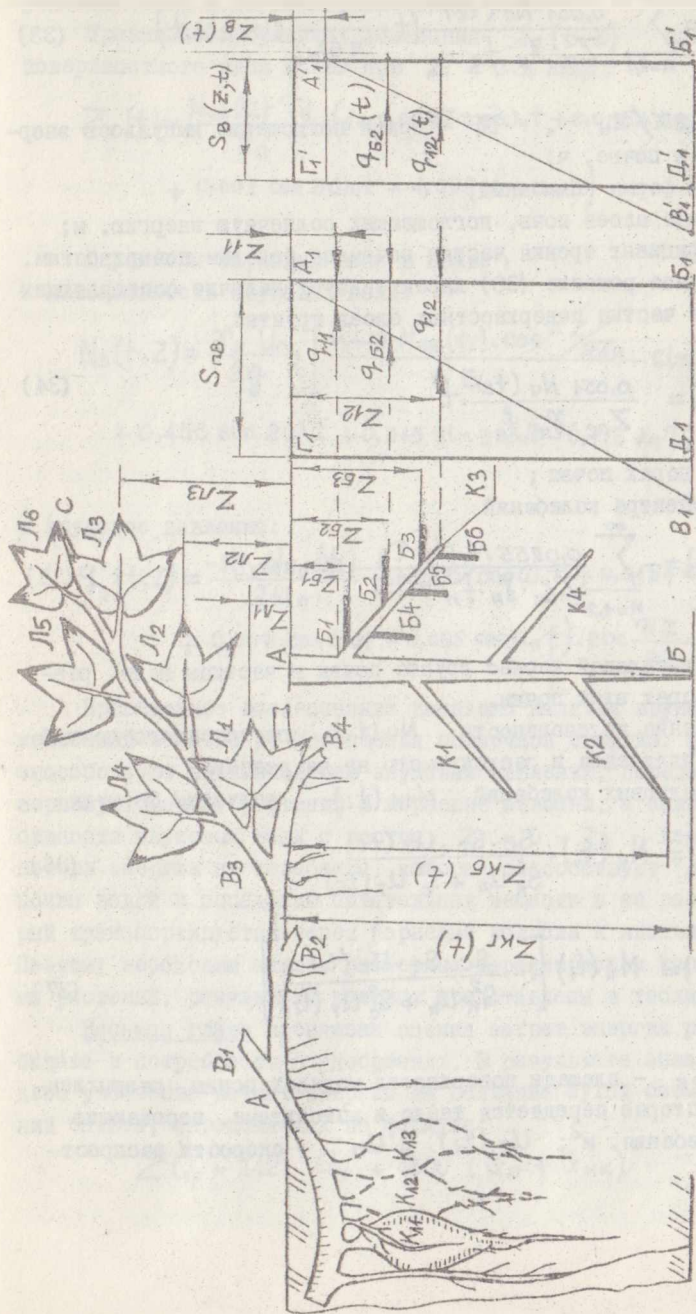


Рис. 3. Расчетная схема взаимосвязей между надземной и корневой системами растений садыта

$$Z_n(t) = \sum_{n=1,2}^{\infty} \frac{0,051 N_u(t_i)}{Z_{nc} \gamma_n \cdot f_n} \left(t - \frac{1}{n \omega_u} \cdot \sin n \omega_u t \right) \quad (33)$$

где $\omega_u = 2\pi/\tau_u$, τ_u - время поглощения импульсов энергии фотонов в почве, ч;

n - номер формы колебаний;

Z_{nc} - толщина слоев почв, поглощающих солнечную энергию, м;

f_n - коэффициент трения частиц почвы по боковым поверхностям.

Полученное решение (33) характеризует наличие составляющих - уплотнения частиц поверхностных слоев грунта:

$$Z_{ny}(t) = \frac{0,051 N_u(t_i)}{Z_{nc} \cdot \gamma_n \cdot f_n} \cdot t \quad (34)$$

в имеющихся порах почвы;

- широкого спектра колебаний

$$Z_{ny}(t) = - \sum_{n=1,2}^{\infty} \frac{0,0255 N_u(t_i) \tau_u}{Z_{nc} \gamma_n \cdot f_n \cdot n \cdot \pi} \cdot \sin n \omega_u t \quad (35)$$

передающих на силовой каркас грунта почвы и частицы воды, размещенные в порах этой почвы.

Определение интенсивности $N_u(t_i)$ поглощенного почвой солнечного излучения и расходуемого на нагревание и создание волновых колебаний $N_{uk}(t_i)$ получены формулы:

$$N_{un}(t_i) = N_u(t_i) \cdot \frac{S_c \cdot S_T \cdot U_T(t_i)}{S_K^2 U_n + S_c^2 U_T(t_i)} \quad (36)$$

$$N_{uk}(t_i) = N_u(t_i) \cdot \left[1 - \frac{S_c \cdot S_T \cdot U_T(t_i)}{S_K^2 U_n + S_c^2 U_T(t_i)} \right] \quad (37)$$

где S_c и S_K - площади поверхности моделей почвы, разрыхленные, через которые передается тепло и монолитные, передающие звуковые колебания, м²; $U_T(t_i)$ и U_n - скорости распрост-

ранения тепла и звуковых колебаний, м/о.

Уравнение импульсных колебаний $Z_K(t, Z)$ получила для поверхностного слоя почвы при $Z = 0$ в виде:

$$Z_K(t) = \frac{N_{ин}(t) \tau_4}{E_{II}} (1 + 0,0667 \cos \omega_4 t + 0,0154 \cos 2 \omega_4 t + 0,007 \cos 3 \omega_4 t - 1,086 \cos a_n t) \quad (38)$$

Параметры звуковых волн в почве :

- интенсивность звуковых волн:

$$N_0(t, Z) = \frac{\gamma_n U_n}{2g} \left[\frac{0,449 N_{ин}(t) \cdot \cos \frac{\pi Z}{2Z_0}}{E_3} \sin \omega_4 t + 0,456 \sin 2 \omega_4 t + 0,315 \sin 3 \omega_4 t - 0,175 a_n \tau_4 \sin a_n t \right]^2 \quad (39)$$

и звуковое давление:

$$q_s(t, Z) = \frac{\pi \cdot N_{ин}(t)}{2 U_n} \cdot (1 + 0,067 \cos \omega_4 t + 0,0154 \cos 2 \omega_4 t + 0,007 \cos \omega_4 t - 1,086 \cos a_n t) \cdot \sin \frac{\pi Z}{2Z_0} \quad (40)$$

Проведенное исследование доказало наличие звуковых волновых колебаний в почве от поглощения солнечной энергии. Эти колебания опосредуют возникновению звуковых давлений, передающихся на корневую систему растений и корневые волоски, а снижение интенсивности звуковых волн с ростом $Z = 0 - Z_B$ характеризует потери энергии на колебания, которые способствуют "размыванию" почвы водой и попаданию питательных веществ в ее раствор, который транспортируется через корневые волоски к листьям растений. Поэтому необходим анализ размерных характеристик корневой системы растений, результаты которых представлены в таблице I.

Восьмая глава посвящена оценке затрат энергии растениями батата и потребности в удобрениях. В результате анализа проведено уточнение затрат энергии на создание сухой биомассы растений батата, определяемых по формуле:

$$\sum Q_p = 1427 G_y + 4500 (G_d + G_{нк}) \quad (41)$$

где G_y , G_l , $G_{нк}$ - сухая масса урожая клубней, лозы и ненакапливающих корней, а также значений К.П.Д. на увеличение объема элементов растений батата в фазе формирования урожая по массе клубней Y_k и всего растения Y_r .

Т а б л и ц а I
Основные параметры корневой системы модельного растения батата сорта "Зим." при урожае 31,92 т/га на 1 м²

Параметры	Стержневого корня (клубень)	Корней I-го порядка	Корней II-го порядка	Корневых волосков
1. Количество, шт/м ²	12-14 (эквивалентно числам клубней)	46-58 (эквивалентно числам ветвей)	233-335 (эквивалентно числам листьев)	(0,56-2,008) 10 ^{II}
2. Общая длина, м/м ²	16,8-28	16,8-33,32	225,3-423,7	1,517 · 10 ⁸
3. Диаметр одного корня, м	(7,77-11,6) · 10 ⁻²	(3,86-5,8) · 10 ⁻³	(1,45-2,19) · 10 ⁻³	1,17 · 10 ⁻⁵

Выполненные расчеты показали, что расход солнечной энергии, используемой растениями батата на создание сухой биомассы $\Sigma Q_p = 10366$ ккал/м² при урожае клубней $Y_k = 31,92$ т/га превышает подобные расходы в 2 раза, при этом $Y_r = 2,182-4,16\%$. Такое явление возможно при условиях плотной компоновки ассимилирующих устьиц между блоками клеточных структур листьев, когда их эквивалентный диаметр колеблется в пределах $k_{дл} = (0,2-0,232) \cdot D_k = (2,2-2,552) \cdot 10^{-6}$ м.

В результате обобщения данных о развитии растений батата предложена методика определения основных компонентов в различных элементах этих растений. В результате расчетов по этой методике показано, что для растения батата в зависимости от урожая клубней Y_k содержится количество азота $Y_N = 0,84\% Y_k$ удобрений калийных - $Y_{K_2O} = 1,523\% Y_k$; кальциевых $Y_{CaO} = 0,211\% Y_k$, фосфорных - $Y_{P_2O_5} = 0,383\% Y_k$. На этом основании в

зависимости от почвы, хозяйства, ожидаемой урожайности растения батата, предлагается определять требуемое количество различных удобрений.

В главе 9 "Обоснование основных параметров технологического процесса возделывания батата в условиях Вьетнама" приведены материалы: анализа существующего технологического процесса возделывания батата во Вьетнаме; передовых технологий возделывания картофеля в СНГ и Голландии; расчетного обоснования основных параметров и алгоритма технологического процесса возделывания батата в условиях Вьетнама.

При возделывании батата, самой трудоемкой работой является подготовка почвы к посадке. Батат хорошо растет на рядах и дает больше урожая, чем на ровном поле, так как почва на рядах лучше прогревается солнцем, ряды меньше увлажняются дождями, а при недостатке осадков влага, необходимая растениям, лучше сохраняется на дне борозд. Обычно подготавливают ряды по высоте 30+40 см, ширине 100+140 см снизу и 15-20 см сверху.

Имеются две технологии посадки батата: семенными растениями и семенными лозами. Во Вьетнаме в основном проводили посадку батата семенными лозами. Эта технология требует больших затрат времени при подготовке лозы, но она снижает в 4 и более раз расход семенных клубней и исключает болезни "черные корни", которые характерны для батата.

В результате расчетного обоснования основных параметров технологического процесса возделывания батата приведены карты его обеспеченности удобрениями и водой для транспираций и фотосинтеза на урожай 31,9 т/га (рис.4 и 5).

В приложении (II том) к диссертации приведены:

- алгоритмы исследования и прогнозирования температурных полей в поверхностных слоях почвы модели С.П.Р-Б., в результате которого разработаны различные модули и результаты численного расчета для оценки количества солнечной энергии, поступающей в модель системы С.П.Р-Б. по их степени сложности;

- методика и результаты экспериментальных исследований по уточнению условий нагревания поверхностных слоев почвы и испарения воды. Для проведения эксперимента разработан стенд исследования, включающий деревянную опалубку с заполненным почвой различными комбинациями долей глины, песка, воды и воздуха; датчи-

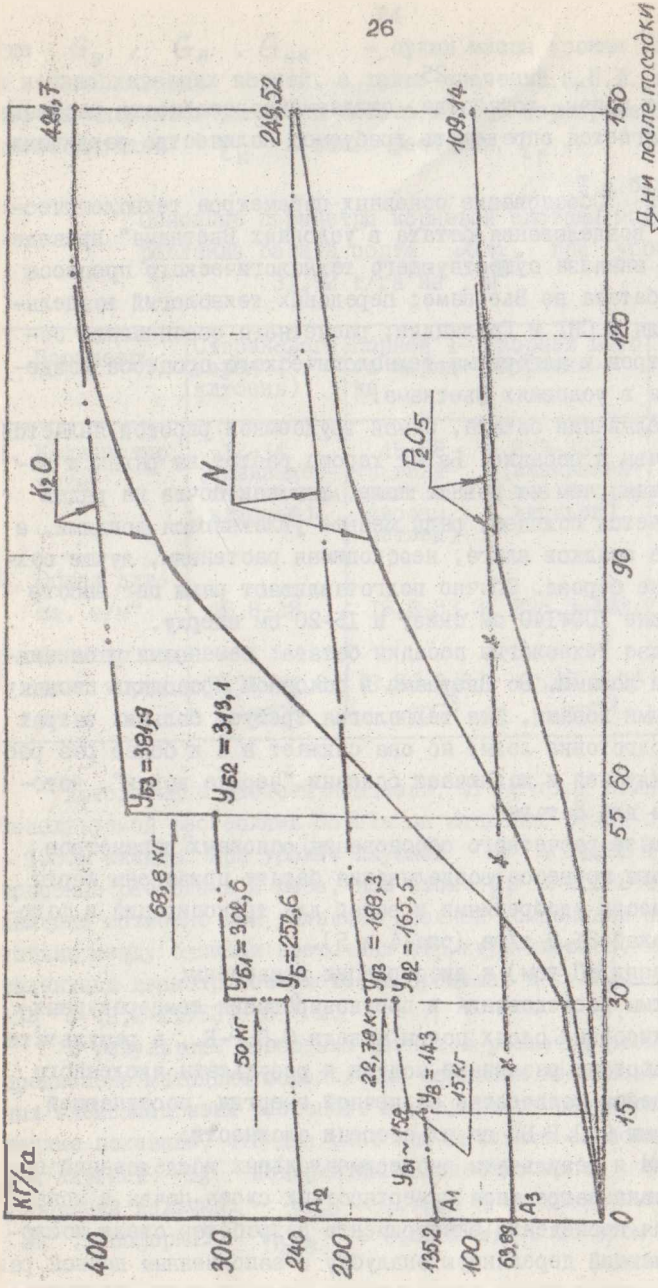


Рис. 4. Карта обеспеченности удобрениями модельных растений багата системы С.П.Р.Б. на урожай 31,92 т/га

↓ дни после посадки

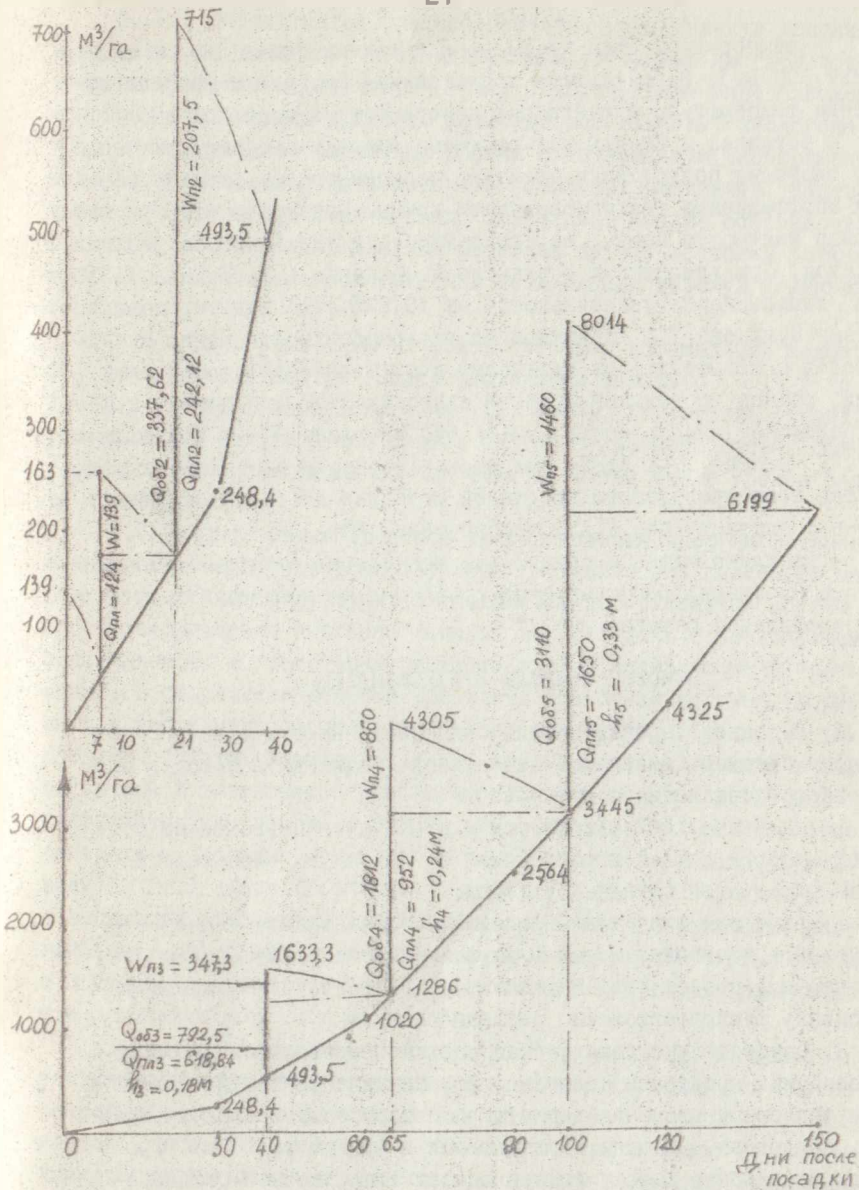


Рис.5. Карта обеспеченности водой для транспирации и фотосинтеза модельных растений батата системы С.П.Р.Б. на

$h_г = 31,9 \text{ г/га}$

ки температуры типа КД-102-А и источник тепла (лампа мощностью 500 Вт). В результате исследования построены графики изменения температуры в различных поверхностных слоях почвы;

- методика и результаты расчетов основных параметров теплового свойства почв: эквивалентных теплоемкостей, удельного веса и коэффициента теплопроводности почвы. Показано, что при увеличении влажности почвы, ее теплоемкость и удельный вес увеличиваются. При увеличении удельного веса почвы с $1,65$ до $1,7 \cdot 10^3$ кг/м³ теплоемкость увеличивается на 15,87%, что подтверждено опытами Куликова Т.А. Коэффициент теплопроводности почвы увеличивается с повышением ее влажности и стабилизируется при влажности, равной предельной полевой влагоемкости. Для почвы из песка предельная влагоемкость $w_p \approx 5\%$, из глины $w_p \approx 8\%$, из смеси глины и песка $\sim 5+8\%$. При оценке точности расчетов коэффициента теплопроводности по данной методике достигается сравнительно с опытами Роде А.А., ошибка менее 6%;

- комплекс машин и орудий для технологии возделывания батата во Вьетнаме, рекомендуемые графики технологического процесса возделывания батата.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основе представления солнечной энергии в виде совокупности суточных импульсов переменной амплитуды и методов операционного исчисления получены:

- аналитические зависимости для расчетов поглощенной солнечной энергии почвой и растениями за сезон их возделывания с учетом флуктуации погодных условий;

- уравнения в частных производных для анализа температурных полей в почвенных слоях в зависимости от поглощения солнечной энергии, позволяющие осуществлять более точную температурную оценку функционирования растений.

2. Осуществлена комплексная оценка энергозатрат на создание основных продуктов (веществ) фотосинтеза растений. Установлены численные значения теплотворной способности глюкозы, крахмала, целлюлозы, аланина, сухой ткани и урожая растений. Урожай сырых клубней батата оценен высшей теплотворной способностью 1427 ккал/кг (состоящий из 33% крахмала), сырая биомасса наземной части растений - 900,6 ккал/кг.

3. Разработан метод прямого расчета числа молекул углекислого газа, поглощаемого ассимилирующими устьицами листьев под действием фотонов солнечного света, с последующим определением основных компонентов процесса фотосинтеза: глюкозы, кислорода и др. Сопоставление расчетных данных с материалами экспериментальных исследований физиологов на различных растениях, подтверждает достоверность этих данных. Уточненный анализ особенностей процесса фотосинтеза в листьях растений батата позволил установить ограничения объемов суточной ассимиляции молекул углекислого газа.

Эти ограничения снижают объем суточной ассимиляции молекул CO_2 (в пересчете на 1 м^2 поля) растениями батата с 18 г до 10-11 в условиях апрельского дня (М. Vinh). Управление структурой растений батата существующих сортов открывает резервы прироста объема ассимиляции CO_2 до 40-45%, в том числе урожай батата до 40%.

4. Моделированием процесса преобразования энергии фотонов солнечного света в энергию звуковых механических колебаний масс воды в клеточных структурах и капиллярах испарительных устьиц обосновано явление выброса "капель" из последних с последующим испарением их в атмосферном воздухе или на поверхности нагретой почвы. В результате решений уравнений колебаний получены формулы для численного расчета параметров транспирации воды листьями растений батата. Установлено, что листья растений батата в период активной интенсивности солнечного света (с 8.00 до 15.00) выбрасывают капли воды с диаметрами: $(10+16) \cdot 10^{-9}$ м. Модельные растения с площадью поля 1 м^2 батата способны транспирировать воду за 11,5 часов (М. Vinh) в апреле $(1,159-6,054) \text{ кг/м}^2$ в зависимости от площади занимаемых листьями. Для снижения расхода воды растениями целесообразно культивировать сорта батата с площадью листьев с $1-3 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в зависимости от фазы развития или применять форковку растениями.

5. Предложена модель прогнозирования развития растений, учитывающая поглощенную солнечную энергию, длительность сезона возделывания и планируемый урожай батата. Использование этой модели позволяет планировать технологический процесс возделывания растений с максимальным использованием солнечной энергии и показывает реальные резервы достижения урожая клубной батата до 45 т/га во Вьетнаме.

6. Выдвинута гипотеза о функционировании блоков клеточных структур (БУ) с тепломеханическими насосами для перекачки испарительной воды раствора питательных веществ в листьях растений, которые используют поглощенную энергию фотонов солнечного света.

Процессы функционирования таких блоков и насоса описаны уравнениями колебаний в частных производных с импульсными закономерностями поглощенной энергии фотонов. Обоснованы автоколебательные режимы БУ с частотным диапазоном (4-20) МГц процессов ассимиляции молекул CO_2 , транспирации испарительной воды и перекачки питательных растворов. Предложены модели построения блоков клеточных структур, позволяющие анализировать условия функционирования гидравлических систем капилляров листьев и растений.

Описаны гипотезы явления захвата всасывающим эффектом от колебаний масс воды молекул CO_2 ассимилирующим устьицам, разложению молекул CO_2 и H_2O в выпуклой сфере менисковой линзы концентрированным пучком фотонов солнечного света и последующего образования групп C_6H_6 , формирующих молекулы глюкозы.

7. Предложена гипотеза в гидродинамическом напряжении блоков клеточных структур корней батата. Приведены уравнения тепломеханических колебаний в почвенных слоях и описывающие условия образования динамических составляющих давления на корневые волоски. Дано обоснование параметров основных корней и корневых волосков модельных растений батата.

8. Установлено, что расход солнечной энергии, используемой растениями батата на создание клубней сухой массы листьев, лозы с накапливающих корней превышает подобный расход на сухую массу клубней батата более чем в 2 раза. Наибольшее развитие массы лозы, листьев и накапливающих корней наблюдается в январе-феврале. В этом периоде времени К.П.Д. растения достигают 2,18-4,16%.

На основании определения основных неорганических компонентов в элементах растений обоснована методика расчетов для определения норм удобрения под планируемый урожай клубней батата. Установлено, что в условиях почвы и природы м. Vinh для получения 31,9 т/га клубней необходимо расходовать 20 т/га навоза свиной, 6 т/га сырой массы соломы, ~ 98 кг/га азотных, ~ 297 кг/га калийных и ~ 50 кг фосфорных удобрений.

9. На основе данных анализа существующего технологического процесса возделывания батата во Вьетнаме, возделывания картофеля в СНГ и Голландии с использованием методик расчетов фотосинтеза, транспирации воды и потребности в удобрениях были построены карты, потребности в удобрениях и воде на урожай 31,9 т/га клубней батата в условиях Вьетнама и дано обоснование алгоритма технологического процесса возделывания батата.

10. Внедрение результатов тепломеханических моделей системы "С.П.Р.-Б." позволяет повысить урожайность его клубней в условиях Вьетнама на 8-13 т/га по сравнению с наилучшими показателями, полученными на опытах (31,92 т/га).

Основное содержание диссертации изложено в следующих опубликованных работах:

1. Глуценко А.Д., ван Суан Зунг. Тепломеханические модели растений хлопчатника и батата. - Ташкент: ван АН РУз, 1994. 156 с.

2. Глуценко А.Д., ван Суан Зунг. Преобразование солнечной энергии в импульсные выбросы капель воды из листьев растений при транспирации // Гелиотехника. - № 2. Ташкент. - 1994. II с.

3. Глуценко А.Д., ван Суан Зунг. Тепломеханическая оценка использования солнечной энергии растениями хлопчатника и батата // Гелиотехника. № 3. - Ташкент, 1994. II с.

4. Глуценко А.Д., ван Суан Зунг. Тепломеханические колебания в моделях растения и почве // Республиканская конференция, посвященная 85-летию академика АН РУз Х.А.Рахматулина и 70-летию член-корр. АН РУз Д.Ф.Файзуллаева. Тезисы докладов республиканской конференции. - Ташкент, Академия наук Республики Узбекистан, 26-27 апреля 1994. - 83 с. С.56.

5. Ван Суан Зунг. Изыскание рационального метода обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур на гребнях // Сб. науч. трудов МИИСП. - М., 1987. - С.13-15.

6. Ван Суан Зунг. Основы нового научного метода: Машины для образования гребнистой поверхности // Материалы Международного конкурса под эгидой организации АССТ. - Париж, 1985 (на вьетнамском и французском языках). 28 с.

7. Ван Суан Зунг. Некоторые проблемы формирования гребни-

той поверхности и методы их решения // Исследование и проектирование с/х машин. - Ханой, 1984. - № 2 (на вьетнам.яз.).

8. Фан Суан Зунг. Направления совершенствования плужных корпусов // Исследование и проектирование сельскохозяйственных машин. № 1. Ханой, 1985.

9. Нгуен Ван Хой, Фан Суан Зунг. Исследование горизонтальной устойчивости агрегата двухколесного трактора с однокорпусным плугом // Исследование и проектирование сельскохозяйственных машин. № 1. Ханой, 1986.

10. Фан Суан Зунг, Нгуен Дэй Зюнг. Исследование продолжительности вылета опылителей // Исследование и проектирование сельскохозяйственных машин. № 2, Ханой, 1987.

11. Фан Суан Зунг. Определение возможности подъема и метод повышения продольной устойчивости агрегата трактора с сельхозмашинами // Исследование и проектирование сельскохозяйственных машин. № 2. Ханой, 1987.

12. Фан Суан Зунг. Новый плуг СТ5-25 // Механика, № 4. Ханой, 1987.

13. Набиев Т.С., Фан Суан Зунг. Особенности обработки уплотнителя ротационным рабочим органом культиватора // Механизация хлопководства, № 10. Ташкент, 1991.

14. Набиев Т.С., Фан Суан Зунг. Анализ качественных показателей механизированных процессов сева и междурядной обработки хлопчатника. Ташкент: ТИИИСХ, 1993. 44 с. (монография).

89

Вьетнам шароитида батата етиштиришни механизациялаш
учун "Қуёш - тупроқ - усимлик" тизимининг харорат-
механика модели.

ФАН СУАН ЗУНГ

"Ўзбекистон қишлоқ хўжалиғини механизациялаш ва электр-
лаштириш илмий тәдқиқот институти" (ЎЗМЭИ)
Янгийул, 1994 й.

ИШНИНГ ТАЪСИЛИ

Диссертацияда "тупроқ-усимлик" тизими моделида тупроқ
харорати майдонини бапоратлаш, усимликларда фотосинтез асосий
маҳсулотларини қувватий баҳолаш, фотосинтезда асосий реакциянинг
амалга ошириш гипотезаси, "тупроқ-усимлик" модели бўйича биомас-
санинг бапоратлаш ва шу асосда бататанинг улчамларини асослаш,
усимлик баргларидаги харорат насосларининг динамикаси келтирил-
ган.

Қуёш нурлари суткалик йиғиндисини узгарувчан амплитудали
импульслар тарзида тасавурлаш натижасида тупроқ ва усимликлар
томонидан қуёш нурларининг ютулиш боғланишлари ва хусусий теяг-
ламалари ишлаб чиқилган.

Ўсимликларда фотосинтезнинг асосий маҳсулотларини вужудга
келтиришининг умумий баҳолаш ишлаб чиқилди. Глюкоза, крахмал,
целлюлоза ва қурутган туқималарнинг иссиқлик сизими ҳисоблаб
чиқилди. Ҳумладан батата меvasи иссиқлик сизими энг юқори бўлиб,
1427 ккал кг. ташкил қилади.

Батата усимлигининг ривожланиш модели ишлаб чиқилган. Бунда
қуёш энергиясининг ютулиши, парварияш мавсумининг узаклиғи ва
олимпиадиган ҳосил ҳисобга олинган. Бу модельнинг жорий этилиши
батата ҳосилдорлиғини Вьетнам шароитида 45 т га етизаим имкони-
ни беради, яъни тажриба шароитларида олинган энг юқори ҳосилдан
хам (31,92 т га) 13 тоннага ортиқдир.

HEAT MECHANICAL MODELS OF "SUN-SOIL-PLANT" SYSTEM FOR THE
MECHANIZED PRODUCTION OF BATATAS IN THE CONDITIONS OF VIETNAM

PHAN SUAN DUNG

Uzbek research institute of mechanization and rural electrifi-
cation of agriculture, Janglul 1994.

A B S T R A C T

The aim of this work is creation of "Sun-Soil-Plant of Ba-
tatas (S.S.P.-B.)" system - the connected heat mechanical mo-
dels, working out and basing the main parameters of process of cul-
tivation of batatas on basis of complex use of "S.S.P.-B." sys-
tem, providing the plants maximum of use the sun energy with mi-
nimum expenditure of fertilizer and water to get the maximum
harvest.

The stated volume of the thesis contains the follow posi-
tions of scientific novelty: -Calculation models of changing
the temperature of soil, ear: daily, monthly, seasonal in the
time of cultivating the plants; -Arguments of reality hypothe-
sis of processes: -carbonic acid transportation, photosynthesis
of glucose and water transportation by the plant leaves; -Me-
thodics of food calculations of photosynthesis, water transportation
containing the inorganic substances in plants and need the fer-
tilizer and watering; -Methodics of model construction of develop-
ment of batatas; -Models of the oscillation of heat mechanical
pumps of leaves and root system of plants, the soil layers;
-The basis in the conditions of Vietnam of technological pro-
cess algorithm of batatas cultivation for his tuber harvest of
31,9 t/га and variants of mechanization of some operations of
this process.

Подписано в печать. —

Формат бумаги 60×84¹/₁₆. Бумага типографская № 1.

Печать «РОТАПРИНТ». Объем 1/3 Тираж 100 экз.

Заказ 1141

Типография издательства «Фан» АН РУз.

700176, Ташкент, акад. Х. Абдуллаева, 79.