

6. Ахалая Б.Х. Особенности совмещения посевов двух культур: Сб. научн. труд. Т. 151, М.: ВИМ, 2004. – С.113-119.

7. Пат №2606084 РФ. Пневматический высевальной аппарат для совмещенного и пунктирного посевов / Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Ахалая Б.Х., Сизов О.А. // Бюл., 2017. – №2.

УДК 631. 3.05/06

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЕМ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Д. Г. Зубович, В.С. Лахмаков, к.т.н., доцент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Проведенными исследованиями в нашей стране и за рубежом доказано, что перед посадкой картофеля рационально применять предпосадочную нарезку гребней весной совмещенную с локальным внесением минеральных удобрений, особенно на тяжелых переувлажненных почвах. Эффективность основных доз минеральных удобрений при их допосевном локальном внесении лентами существенно зависит от глубины заделки их в почву, величины интервалов между лентами и ширины ленты. Глубина заделки туков определяется почвенно-климатическими условиями и видом удобряемой культуры. Поэтому в конструкции машины необходимо предусмотреть возможность регулирования глубины внесения туков.

### **Основная часть**

В Белорусском государственном аграрном техническом университете проведена значительная работа по разработке конструкций комбинированных машин для основной и предпосадочной обработок почвы, нарезки гребней. Только совершенствование системы обработки, правильное сочетание агротехнических приемов, комбинирование операций, а также локализация минеральных удобрений позволят достичь желаемого результата и урожая картофеля.

Мы изучили закономерности распределения удобрений по ширине полосы и глубине, провели полевые эксперименты, касающиеся путей повышения эффективности минеральных удобрений за счет локального их внесения на требуемую глубину и ширину полосы в зависимости от почвенно-климатических условий. При проведении исследований устанавливалась зависимость искомых параметров от влияющих на них факторов. Наша задача - составить математическую модель, описывающую влияние детерминирующих факторов на критерий оптимизации. В результате необходимо выявить оптимум функции. Были установлены рациональные параметры ложеобразователя и туковывсевающего рабочего органа: угол установки шёк и угол наклона козырька, их геометрические размеры, высота установки туковывсевающей трубки и её диаметр. После чего были выявлены основные детерминирующие факторы, влияющие на глубину заделывания минеральных удобрений  $a$ : скорость агрегата  $g_a$ , высота установки ложеобразователя  $h_n$ , высота гребней  $H$ .

$$a = f(g_a, h_n, H)$$

Как показал теоретический анализ, влияние данных факторов на глубину заделывания минеральных удобрений носит нелинейный характер, поэтому для более точной формализации и получения квадратного уравнения использовали центральное композиционное планирование второго порядка. Границы варьирования исследуемых факторов были определены из следующих соображений. Скорость движения агрегата и высота гребней приняты исходя из агротехнических требований, предъявляемых к обработке почвы. Глубина установки ложеобразователя  $h_n$  относительно поверхности почвы выбиралась в зависимости от требуемой глубины внесения удобрений, диаметра клубней, а также зависит от параметров гребня. По обобщённым данным высота гребня  $H$  находится в интервале (15...17) см, поэтому средний интервал варьирования выбран  $H=16$  см (рисунок 1).

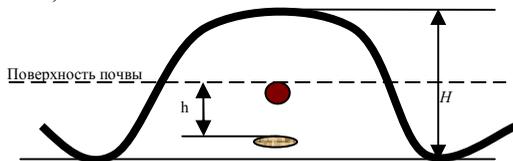


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на глубину внесения минеральных удобрений

Все эксперименты проведены в трёхкратной повторности. Полученные результаты усреднены и округлены. Для улучшения ряда статистических характеристик опыт в центре плана проведен с шестикратной повторностью. Для расчета коэффициентов регрессии применялась компьютерная программа Microsoft Office Excel и была получена математическая модель:

$$\hat{a} = 4,773 + 0,12 \cdot x_1 + 1,689 \cdot x_2 + 1,696 \cdot x_3 - 0,029 \cdot x_1^2 - 0,163 \cdot x_2^2 - 0,098 \cdot x_3^2 - 0,024 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,034 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,109 \cdot x_2 \cdot x_3.$$

С помощью компьютерной программы преобразовали уравнение регрессии к именованным величинам, тогда:

$$\hat{a} = -18,47 + 0,78 \cdot g_a + 1,682 h_e + 1,462 \cdot H - 0,029 \cdot g_a^2 - 0,041 \cdot h_e^2 - 0,06 \cdot H^2 - 0,0012 \cdot g_a \cdot h_e - 0,009 \cdot g_a \cdot H - 0,00139 \cdot h_e \cdot H$$

Чтобы определить оптимальные параметры влияющих факторов, необходимо построить поверхности отклика математической модели. Используя пакет прикладных программ Matlab 7.0, рассчитываем зависимости и строим поверхности отклика в трёхмерном пространстве (рисунок 2). Справа от графика изображён цветной столбик со шкалой, по которому видно соответствие цвета значениям функции.

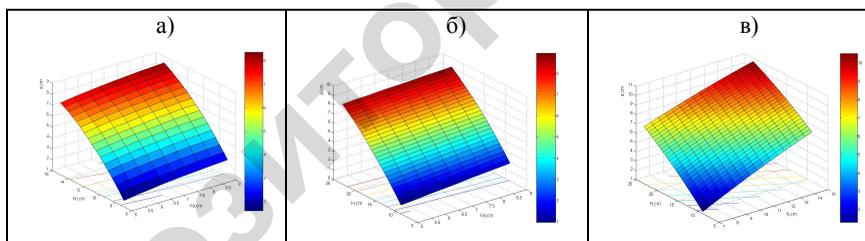


Рисунок 2 – Зависимости изменения глубины заделывания минеральных удобрений от взаимодействия пар факторов:

- а) скорости агрегата  $g_a$  и глубины установки ложеобразователя  $h_e$ ;
- б) скорости агрегата  $g_a$  и высоты насыпки гребней  $H$ ;
- в) глубины установки ложеобразователя  $h_e$  и высоты насыпки гребней  $H$ .

Анализ полевых опытов показал, что глубина заделки минеральных удобрений должна быть в пределах 2...5см.

Исследования структуры урожая показали, что при увеличении глубины заделывания удобрений количество клубней в гнезде

уменьшается и увеличивается содержание клубней мелкой фракции. Учитывая вышесказанное и зная агротехническую скорость движения агрегата, построим сводный графики зависимости изменения глубины заделывания минеральных удобрений от скорости агрегата при различных значениях глубины установки ложеобразователя  $h_l$  и высоты гребня  $H$  (рисунок 3.). Выделим на графике оптимальные границы для влияющих факторов квадратом.

Из графика видно, что при скорости агрегата  $V_a=(6,5\dots7,5)$  км/ч для обеспечения оптимальной глубины заделки удобрений ( $a=2\dots5$ см) необходимо выставить следующие параметры:

$h_l=11$ см;  $H=20$ см, тогда  $a \approx 2,5$ см;

$h_l=9$ см;  $H=16$ см —  $a \approx 4,0$ см;

$h_l=13$ см;  $H=16$ см, —  $a \approx 5,0$ см;

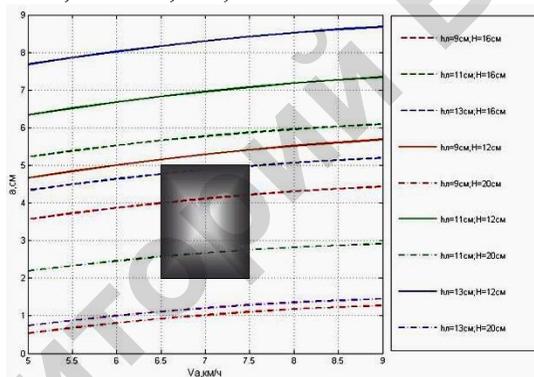


Рисунок 3 – Графики зависимости изменения глубины заделывания минеральных удобрений от скорости агрегата при различных значениях  $h_l$  и  $H$

### Заключение

В результате планирования эксперимента получена математическая модель, показывающая влияние факторов на критерий оптимизации.

Рассчитаны коэффициенты регрессии и получено уравнение регрессии, построены поверхности отклика и найдены оптимальные параметры влияющих факторов.

### Литература

1. Мельников С.В., Алешин В.Р., Рошин П.П. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1972. – 199 с.