

10. Харрис, С.М. Справочник по ударным нагрузкам / С.М. Харрис, Ч.П. Крид. – Л., Судостроение, 1980. – 359 с.

УДК 631.333/82

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЛУБИНЫ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД КАРТОФЕЛЬ КОМБИНИРОВАННЫМ МОДУЛЕМ ПРИ ПОМОЩИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Лахмаков В.С., Зубович Д.Г. (БГАТУ)

Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, выявили преимущества локального внесения основной дозы удобрений непосредственно в слой почвы в сравнении с обычно применяемым разбрасыванием по поверхности полей надземными средствами механизации. От способа внесения туков в значительной степени зависит доступность питательных веществ и возможность их потребления растениями. Кроме того, технология внесения удобрений должна обеспечить и высокую производительность труда механизаторов, занятых на этих работах, что в свою очередь поставило вопрос о создании специализированных машин.

При внесении сухих минеральных удобрений в почву сначала производится разбрасывание их по поверхности, а затем заделка при вспашке, дисковании, культивации или бороновании, в результате чего удобрения перемешиваются с почвой на различную глубину. Локальное же внесение предусматривает заделку последних на заданную глубину в виде ленты, строчки или очагов (гнезд). Этот способ внесения удобрений не предполагает их смешивания с почвой. Хотя перемешивание с почвой в какой-то степени и тут имеет место, но выражено оно намного слабее, чем при разбросном способе.

Из всех факторов, влияющих на урожай картофеля, отзывчивость его на удобрения и эффект от локализации последних зависит в первую очередь от количества осадков, выпадающих в период от начала роста до созревания. Поэтому, если засушливый период наступает в середине лета, то от этого в первую очередь страдают растения, под которые минеральные удобрения были внесены локальным способом, так как у них обычно лучше развита надземная масса и, следовательно, больше испаряющая поверхность листьев.

Удобрения локальным способом следует вносить непосредственно перед или при посеве сельскохозяйственных культур. 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.

В настоящее время в нашей стране машин для локального внесения минеральных удобрений под картофель не достаточно, по этой причине республика недополучает огромное количество зерна, картофеля и другой растениеводческой продукции. Нам необходимо изучить закономерности распределения удобрений по площади и глубине, а также наиболее благоприятные параметры расположения ленты в гребне.

Поэтому дальнейшее исследование и разработка рабочих органов для внесения минеральных удобрений локальным способом на оптимальную глубину и ширину полосы, а также комбинирование операций, как основа создания будущего урожая картофеля, является актуальной народнохозяйственной задачей.

Нами были проведены 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, а также целесообразно-

сти использования в системе подготовки почвы под посадку картофеля комбинированного агрегата,

Результаты испытаний заносились в журнал исследований, затем осуществлялась обработка, на основе которой проводилась графическая интерпретация информации. Программа испытаний на день составлялась таким образом, чтобы успеть провести серию опытов с завершенными пределами варьирования переменных величин, исключив, таким образом, влияние погодных факторов на эксперимент.

Универсальная почвообрабатывающая машина-гребнеобразователь УПГ-2,8 представлена на рис. 1.

При проведении исследований устанавливалась зависимость искомых параметров от влияющих на них факторов. Согласно вышеизложенной программы и методики проведены лабораторные и полевые исследования, определены основные параметры туковысевающего устройства. На основании полученных результатов определен критерий оптимизации и выявлены параметры, влияющие на данный процесс.

Наша задача – составить математическую модель, описывающую влияние детерминирующих факторов на критерий оптимизации. В результате необходимо было выявить оптимум функции. Были установлены рациональные параметры ложеобразователя: угол установки щёк и угол наклона козырька, их геометрические размеры, высота установки туковысевающей трубки и её диаметр. После чего были выявлены основные детерминирующие факторы, влияющие на глубину заделывания минеральных удобрений a : скорость агрегата \mathcal{G}_a , высота установки ложеобразователя h_n , высота гребней H .

$$a = f(\mathcal{G}_a, h_n, H)$$

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.



Рисунок 1. Универсальная почвообрабатывающая машина гребнеобразователь УПГ-2,8

Для полного центрального композиционного роторабельного эксперимента общее число точек плана при k факторах будет равно:

$$N = 2^k + 2 \cdot k + n_0,$$

где 2^k – число точек ядра плана;

$2k$ – число звездных точек (при величине плеча $\alpha = 2^{k/4} = 1,68$);

n_0 – число точек в центре эксперимента ($n_0 = 2$)

Перед началом эксперимента факторы кодируем, при этом происходит линейное преобразование факторного пространства с переносом начала координат в центр эксперимента и

введение новых единиц измерения по осям. Кодирование факторов осуществляется по формуле

$$x_i = \frac{X_i - X_{0i}}{\Delta X_i},$$

где x_i – кодированное значение фактора, (верхний уровень обозначаем +1, а нижний -1, нулевой уровень в центре эксперимента);

X_i – натуральное значение i -го фактора (именованная величина в размерности фактора);

X_{0i} – натуральное значение i -го фактора на нулевом уровне;

ΔX_i – натуральное значение интервала варьирования i -го фактора.

Соответствуя требованиям ортогональности для трех переменных, установили следующие значения уровней в принятом масштабе: -1,68; -1; 0; +1; +1,68 (таблица 1) основные уровни изменения факторов.

Таблица 1. Значение факторов в кодированном и натуральном виде

Факторы и единицы измерения	Натуральное обозначение	Кодированное обозначение	Средний интервал	Интервал варьирования	Уровни факторов в кодированном виде				
					-1,68	-1	0	+1	+1,68
Скорость агрегата ϑ_a км/ч	X_1	x_1	7,0	1,0	5,32	6,0	7,0	8,0	8,68
Глубина установки ложеобразователя h_n , см	X_2	x_2	11	2	7,64	9	11	13	14,36
Высота насыпки гребней H , см	X_3	x_3	16	4	9,28	12	16	20	22,72

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 обобщенным данным высота гребня H находится в интервале (15...17) см, поэтому средний интервал варьирования выбран $H=16$ см (рис. 2).

Все эксперименты проведены в трёхкратной повторности. Полученные результаты усреднены и округлены. Для улучшения ряда статистических характеристик опыт в центре плана проведен с шестикратной повторностью.

С целью обеспечения равномерного внесения элемента случайности влияния неуправляемых и неконтролируемых факторов на отклик был использован принцип рандомизации, который предусматривал случайный порядок реализации опытов. Для чего использовались таблицы случайных чисел.

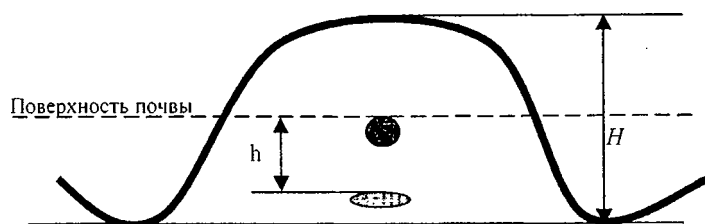
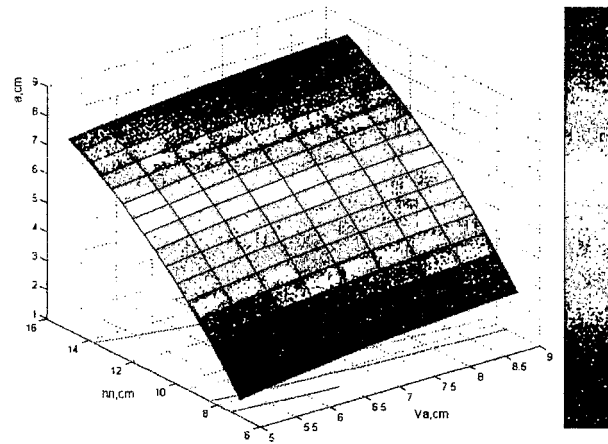
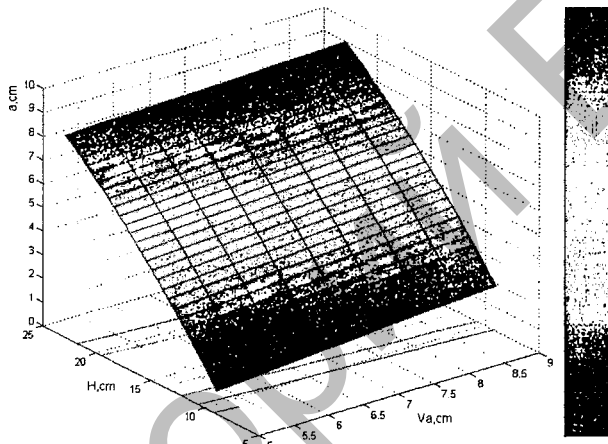


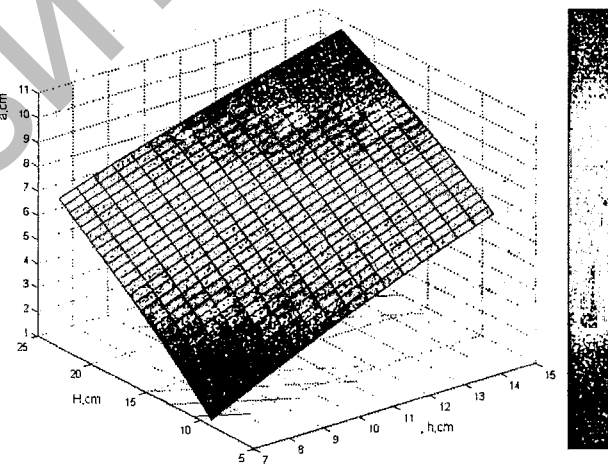
Рисунок 2. Факторы, влияющие на глубину внесения минеральных удобрений



а)



б)



в)

Рисунок 3. Зависимости изменения глубины заделывания минеральных удобрений от взаимодействия пар факторов: а) скорости агрегата V_a и глубины установки ложеобразователя h_n ; б) скорости агрегата V_a и высоты насыпки гребней H ; в) глубины установки ложеобразователя h_n и высоты насыпки гребней H .

Уравнение второго порядка в случае трехфакторного эксперимента примет следующий вид:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{33} \cdot x_3^2 + \\ + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3.$$

При этом коэффициенты регрессии определяются по известным формулам [1/

Для расчета коэффициентов регрессии применялась компьютерная программа Microsoft Office Excel 2003 и была получена математическая модель:

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

Для оценки точности математического описания, значения параметра оптимизации определены во всех экспериментальных точках.

Проверка соответствия экспериментальных данных с расчетными показала, что отклонение доходит в некоторых случаях до 14,6 %.

Критерий Фишера полученной модели $F=0,65$.

Чтобы принять гипотезу об адекватности, полученное значение критерия Фишера F должно быть меньше табличного, которое выбирается по справочнику:

По табличным данным значение критерия Фишера при 5%-ном уровне значимости составляет $F_{0,05} = 2,1$.

Так как $F_{экс} < F_{0,05}$, гипотезу об адекватности можно считать верной с 95 %-ой вероятностью.

Проводим проверку значимости коэффициентов регрессии, которая осуществляется путем вычисления доверительных интервалов, в пределах которых должна находиться истинная величина коэффициентов регрессии.

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

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

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. Полученные поверхности отклика при различных взаимодействиях факторов представлены на рисунке 3. Справа от графика изображён цветной столбик со шкалой, по которому видно соответствие цвета значениям функции.

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

Литература

1. Мельников С.В., Алешин В.Р., Роцин П.П. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1972. – 199 с.
2. Рекомендации. Локальное внесение минеральных удобрений в различных почвенно-климатических зонах СССР при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. - М., 1988. - 64с.