

Учитывая разность скоростей роликов и особенность формы сорта картофеля, можно достичь высокого качества сортирования.

01.07.13

Литература

1. Колчин, Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей / Н.Н. Колчин. – М.: Машиностроение, 1982. – 268 с.
2. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки и послеуборочной обработки картофеля. Методы оценки функциональных показателей: СТО АИСТ 8.5–2006. – Введ. 15.04.2007.
3. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы измерения конструктивных параметров: ГОСТ 26025–83. – Введ. 01.01.1984. – М.: Гос. ком. СССР по стандартизации, 1984. – 8 с.

УДК [631.362.3:635.21]:519.87

Д.И. Комлач

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь)

АНАЛИЗ РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Введение

Основоположник земледельческой механики академик В.П. Горячкин и его последователь академик М.Е. Мацепуро, обосновавший экспериментально-теоретические подходы к созданию новой техники для комплексной механизации сельскохозяйственного производства [1], придавали большое значение изучению физико-механических свойств сельскохозяйственных сред и материалов в аспекте технологических воздействий на них рабочими органами машин.

Проектируя технику для картофелеводства (при обосновании параметров и расчете высаживающих аппаратов, сепарирующих устройств, оборудования сортировальных пунктов), необходимо знать характеристики клубней картофеля. На форму и размеры клубней влияет ряд факторов (тип почвы, условия и агротехника возделывания и т.п.), однако, в основном, они зависят от сорта картофеля.

Поскольку в настоящее время районировано много новых сортов картофеля, целесообразно уточнить и дополнить известные результаты исследований [2, 3].

Основная часть

Исследовали размеры и массу клубней пяти современных сортов картофеля (Аksamит, Явар, Скарб, Лилея и Орбита), составив случайным образом для каждого из них выборки объемом $n = 100$.

Обработка результатов измерений сводилась к вычислению точечных и интервальных оценок:

$$\tilde{x} = n^{-1} \sum_{i=1}^n x_i$$

и

$$I_\gamma(\tilde{x}) = \left[\tilde{x} - \frac{t_{\gamma, n-1} S_1}{\sqrt{n}}; \tilde{x} + \frac{t_{\gamma, n-1} S_1}{\sqrt{n}} \right], \quad (1)$$

а также практических (толерантных, допустимых) границ рассеивания u_n и u_o , в которые с доверительной вероятностью γ попадают $p \cdot 100$ % всех элементов генеральной совокупности [4]:

$$u_n = \tilde{x} - k S_1; \quad u_o = \tilde{x} + k S_1, \quad (2)$$

где $t_{\gamma, n-1}$ – значение t -распределения при доверительной вероятности γ и числе степеней свободы $n - 1$ скорректированной дисперсии;

$$S_1^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \tilde{x}^2 \right);$$

k – множитель, зависящий от γ , p и объема выборки n [4, табл. XIV].

Возможность использовать выражения (1) и (2) обосновывалась проверкой гипотезы о нормальном распределении массы и размеров клубней.

Критерием согласия эмпирического и теоретического распределений служил критерий Пирсона:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(m_j - m_{Tj})^2}{m_{Tj}}$$

с числом степеней свободы $\nu = k - k_1 - k_2 - 1$,

где m_j и m_{Tj} – частота попадания в j -ый интервал статистического ряда соответственно эмпирической и нормально распределенной случайных величин;

k , k_1 и k_2 – числа соответственно интервалов статистического ряда, присоединенных интервалов, в которых $m_j < 5$, и параметров проверяемого закона распределения (в нашем случае $k_2 = 2$).

Гипотезу отвергаем, если

$$\chi^2 > \chi_{\alpha; \nu}^2 \equiv \chi_{\alpha; \nu}^2,$$

где $\chi_{\alpha; \nu}^2$ – табулированное значение χ^2 -распределения при уровне значимости α и числе степеней свободы ν [4, табл. IX].

Форму клубней характеризовали коэффициентом формы [5]:

$$K_\phi = \frac{a}{\sqrt{bc}}, \quad (3)$$

где $a > b > c$ – соответственно длина, ширина и толщина клубня.

Поскольку нормальный клубень имеет форму эллипсоида, его объем

$$V = \frac{\pi}{6} abc$$

и масса

$$m = \gamma_k V = \varepsilon abc, \quad (4)$$

где $\varepsilon = \pi \gamma_k / 6 \approx \gamma_k / 2$ – коэффициент пропорциональности;

γ_k – плотность клубня.

Обозначим $x_i = a_i b_i c_i$ и $y_i = m_i$. Тогда с учетом выражения (4) статистическая модель имеет вид:

$$y_i = \varepsilon x_i + e_i, \quad (5)$$

где e_i – остаток (невязка между наблюдаемым y_i и расчетным εx_i значениями переменной y).

Аппроксимируя экспериментальные точки (x_i, y_i) уравнением прямой, проходящей через начало координат, методом наименьших квадратов определяем оценку коэффициента ε :

$$b_1 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right)^{-1}. \quad (6)$$

Значимость коэффициента регрессии b_1 оцениваем, используя таблицу дисперсионного анализа (таблица 22), путем проверки гипотезы о равенстве средних квадратов MS_R (обусловленного регрессией) и MS_E (относительно регрессии).

Таблица 22 – Нескорректированный дисперсионный анализ модели (5)

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат
Регрессия	$b_1 \sum_i x_i y_i$	1	MS_R
Остаток	$\sum_i y_i^2 - b_1 \sum_i x_i y_i$	$n-1$	MS_E
Общая вариация	$\sum_i y_i^2$	n	

Нулевую гипотезу $H_0: K = 0$ при альтернативной гипотезе $H_0: K \neq 0$ проверяем с помощью F -критерия:

$$F = \frac{MS_R}{MS_E} \geq F_{\alpha; 1; n-1}, \quad (7)$$

где $F_{\alpha; 1; n-1}$ – критическое значение F -распределения при уровне значимости α , числах степеней свободы 1 и $n - 1$.

Уравнение регрессии статистически значимо, если выполняется условие (7), то есть гипотеза о равенстве MS_R и MS_E отвергается.

Долю общей суммы квадратов, объясненную регрессией, характеризует коэффициент детерминации

$$R^2 = b_1 \sum_i x_i y_i \left(\sum_i y_i^2 \right)^{-1}. \quad (8)$$

Насколько хорошо моделью (5) объясняется вариация исходных данных, характеризует также относительная среднеквадратическая ошибка (коэффициент вариации, %)

$$\delta = \frac{s}{\bar{y}} \cdot 100, \quad (9)$$

где $s = \sqrt{MS_e}$.

Доверительный интервал коэффициента регрессии b_1

$$I(b_1) = [b_1 - \Delta b; b_1 + \Delta b], \quad (10)$$

где $\Delta b = st_{\gamma; n-1} \left(\sum_i x_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}$.

Возможность усреднить коэффициенты регрессии b_{1j}

$$b_{1c} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N b_{1j} \quad (11)$$

устанавливаем, проверяя нуль-гипотезы $H_0 : b_{1j} = b_{1c}$ при альтернативе $H_1 : b_{1j} \neq b_{1c}$, которые не противоречат экспериментальным данным, если

$$|t| = \frac{|b_{1j} - b_{1c}|}{s_{b_{1j}}} = \frac{|b_{1j} - b_{1c}| \left(\sum_i x_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{s} \leq t_{kp} \equiv t_{\gamma; n-1}, \quad (12)$$

где $N = 5$ – число выборок.

Гипотеза о том, что масса и размеры клубней картофеля являются нормально распределенными случайными величинами, не противоречит экспериментальным данным: критерий согласия $\chi^2 < \chi_{kp}^2$. Так, для массы, ширины и толщины клубней сорта Явар имеем соответственно $\chi^2 = 3,53$; 10,27 и 11,20 при $\chi_{kp}^2 = \chi_{0,05; 5}^2 = 12,59$, а для длины клубней $\chi^2 = 3,20 < \chi_{kp}^2 = \chi_{0,05; 5}^2 = 11,07$ (в этом случае в одном из интервалов статистического ряда $m_j < 5$, поэтому $k_1 = 1$ и $\nu = 5$).

Интервальные оценки размеров и массы клубней сортов картофеля при доверительной вероятности $\gamma = 0,95$, вычисленные по формуле (1), а также коэффициенты формы клубней K_ϕ (см. формулу (3)) приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Интервальные оценки параметров клубней

Сорт	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	K_ϕ
Аксамит	55,2±3,9	50,7±1,7	44,7±1,2	39,6±1,1	1,20
Явар	60,5±3,2	52,4±1,3	47,0±1,1	39,6±0,9	1,19
Скарб	51,8±3,4	51,2±1,4	43,0±1,1	36,0±1,0	1,32
Лилея	60,2±4,1	51,8±1,5	45,8±1,3	39,0±1,0	1,23
Орбита	43,8±3,4	45,5±1,3	41,6±1,3	37,1±1,1	1,15

Согласно классификации [5], форма клубней округлая, если $K_\phi < 1,20$, округло-овальная ($K_\phi = 1,20...1,29$), овальная ($K_\phi = 1,30...1,39$) и удлинённая, если $K_\phi > 1,50$.

Таким образом, клубни сортов Явар и Орбита имеют округлую, Аксамита и Лилея – округло-овальную и сорта Скарб – овальную форму.

При $\gamma = 0,95$; $p = 0,95$ и $n = 100$ множитель $k = 2,233$ (см. [4, табл. V]). Вычисленные по формулам (2) практические границы рассеивания параметров клубней приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Практические границы рассеивания [u_n ; u_v] массы и размеров клубней

Сорт	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
Аксамит	11,6; 98,8	31,5; 69,9	31,2; 58,2	27,5; 51,7
Явар	24,8; 96,2	38,3; 66,4	34,7; 59,3	30,0; 49,3
Скарб	13,4; 90,3	35,4; 67,1	30,7; 55,4	25,1; 46,8
Лилея	14,7; 105,7	35,2; 68,4	31,1; 60,6	28,3; 49,7
Орбита	5,4; 82,3	30,9; 60,1	27,8; 55,5	25,1; 49,1

Экспериментальные точки (x_i ; y_i) зависимости между массой клубня $y_i = m_i$ и произведением его размеров $x_i = a_i b_i c_i$ группируются около прямой, проходящей через начало координат.

Согласно формуле (6), коэффициент регрессии, вычисленный по выборке измерений клубней, например, сорта Явар, $b_1 = 0,594$ г/см³. Значимость регрессии подтверждается результатами дисперсионного анализа (таблица 25):

$$F = 2,67 \cdot 10^4 \gg F_{кр} \equiv F_{0,05; 1,99} = 3,92,$$

а также вычисленными по формулам (8) и (9) коэффициентом детерминации $R^2 = 0,996$ и относительной среднеквадратической ошибкой $\delta = 6,3$ %.

Таблица 25 – Дисперсионный анализ модели (5) применительно к результатам измерений клубней сорта Явар

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат
Регрессия	3,902 10 ⁵	1	3,902 10 ⁵
Остаток	1,448 10 ⁵	99	14,6
Общая вариация	3,917 10 ⁵	100	

Интервальная оценка (10) при $\gamma = 0,95$

$$I(b_1) = [0,594 - 0,007; 0,594 + 0,007] = [0,587; 0,601].$$

Аналогичные результаты получены для клубней других сортов картофеля (таблица 26).

Таблица 26 – Оценки коэффициента ε

Сорт	$b_1 \Delta b, \text{г/см}^3$	F	$F_{кр}$	R^2	$\delta, \%$
Аксамит	$0,575 \pm 0,008$	$1,89 \cdot 10^4$	3,92	0,995	7,6
Явар	$0,594 \pm 0,007$	$2,67 \cdot 10^4$	3,92	0,996	6,3
Скарб	$0,618 \pm 0,008$	$2,26 \cdot 10^4$	3,92	0,996	6,9
Лилея	$0,613 \pm 0,007$	$3,09 \cdot 10^4$	3,92	0,997	5,9
Орбита	$0,580 \pm 0,007$	$2,47 \cdot 10^4$	3,92	0,996	6,7

По данным академика В.П. Горячкина [2], на основании измерений клубней 15 сортов картофеля коэффициент $\varepsilon = 0,56 \dots 0,65$. Академик М.Е. Мацепуро для четырех сортов картофеля (Лорх, Эпикур, Ранняя роза и Вольтман) получил приблизительно те же значения [3]: $\varepsilon = 0,54 \dots 0,70$.

Изменения вычисленных оценок $b_1 = 0,58 \dots 0,62 \text{ г/см}^3$ и их доверительных интервалов (таблица 26) находятся в пределах известных значений коэффициента ε .

Усредненный коэффициент регрессии (11) $b_{1c} = 0,60$.

Возможность применять вместо коэффициентов b_{1j} для каждого из исследованных сортов картофеля усредненное значение b_{1c} проверяем, используя условие (12). Так, для сорта Явар имеем:

$$|t| = 0,56 < t_{кр} \equiv t_{0,95;99} = 1,99,$$

то есть гипотеза $H_0: b_{1j} = b_{1c}$ не противоречит экспериментальным данным.

Однако для других сортов картофеля $|t| > t_{кр}$, то есть гипотеза о возможности усреднения коэффициентов регрессии b_{1j} должна быть отвергнута.

Выводы

1. На основании измерений параметров клубней вычислены практические границы их рассеивания, которые являются необходимой предпосылкой обоснования конструкции и расчета рабочих органов машин для посадки, уборки и послеуборочной обработки картофеля.

2. Интервальные оценки коэффициентов пропорциональности ε между массой и произведением размеров клубней сортов картофеля находятся в пределах изменений этих коэффициентов, полученных ранее другими исследователями.

26.09.13

Литература

1. Мацепуро, М.Е. Вопросы земледельческой механики / М.Е. Мацепуро. – Минск: Гос. издательство БССР, 1959. – Т. 1. – 386 с.
2. Горячкин, В.П. О сортировании картофеля / В.П. Горячкин // Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин: сб. ст. / Под ред. В.П. Горячкина. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. – Т. 2. – С. 285–297.
3. Нагорский, И.С. Физико-механические свойства кормовых материалов / И.С. Нагорский, А.А. Рунцо, К.Ф. Терпиловский // Вопросы сельскохозяйственной механики: сб. ст. / Под ред. М.Е. Мацепуро. – Минск: Урожай, 1964. – Т. XII. – С. 4–84.
4. Митков, А.Л. Статистические методы в сельхозмашиностроении / А.Л. Митков, С.В. Кардашевский. – М.: Машиностроение, 1978. – 360 с.
5. Герасимов, А.А. Требования к машинам для картофелеводства на основе физико-механических свойств клубней / А.А. Герасимов // Основные направления совершенствования конструкций машин для возделывания и уборки картофеля: материалы первого Всесоюзного научно-технического совещания. – М.: ОНТИ ВИСХОМ, 1974. – С. 111–119.

УДК 631.362.3:633.491

В.Н. Еднач, Г.А. Радипшевский

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

Д.И. Комлач, А.Л. Рапинчук

(РУП «НИЦ НАН Беларуси по

механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**ПОВЫШЕНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРЕДПРОДАЖНОЙ
ПОДГОТОВКИ
КАРТОФЕЛЯ**

Введение

Картофель относится к числу важнейших, широко распространенных и самых прибыльных сельскохозяйственных культур. Эффективность картофелеводства определяется количеством и качеством товарной продукции, суммарными затратами трудовых и материальных ресурсов на ее производство. Послеуборочная обработка является одним из завершающих звеньев технологии производства этой культуры и в значительной мере определяет ее товарное качество, себестоимость и конкурентоспособность в условиях рынка. Сельхозпроизводители заинтересованы в повышении классности своей продукции в результате послеуборочной и предреализационной обработки. Повысить качество товарной продукции возможно путем снижения повреждаемости и повышения точности калибрования клубней картофеля на фракции при сортировании. Существующие сортировальные поверхности не обеспечивают решения этой задачи, и вопрос о создании эффективных рабочих органов остается актуальным.