



## Разработка математической модели по влиянию способов предпосевной обработки семян на продуктивность овощных культур

*С.Я.Пономарева, Т.Н. Стерхова, О.Ю.Абашева*

*Ижевская государственная сельскохозяйственная академия*

**Аннотация:** В статье рассматривается возможность увеличения производства овощной продукции за счет различных способов предпосевной обработки семенного материала на примере культуры огурца. Приведена методика получения математической модели, описывающей зависимость получения овощной продукции от способов предпосевной обработки. Полученная математическая модель позволяет предприятию прогнозировать цены на продукцию и распределение доходов сельскохозяйственного предприятия.

**Ключевые слова:** Овощи, семенная смесь, предпосевная обработка, питательные растворы, электрическое поле, продуктивность, математическая модель, нормальное распределение, теоретическая кривая, экспериментальная кривая, динамический ряд, урожайность, производство.

Овощи – необходимый компонент рациона человека. Академик РАСХН, директор ВНИИ овощеводства С.С. Литвинов отмечает исключительную важность отрасли овощеводства для оздоровления нации[1].

Согласно приказу Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 2 августа 2010г. № 593н "Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания" рекомендуемые объемы потребления овощей и бахчевых должны составлять 120-140 кг в год на человека. Однако, например, в 2012 г потребление овощной и бахчевой продукции в РФ составило от 61 до 109 кг в зависимости от доходов семьи [2]. Поэтому остро встает вопрос об увеличении производства овощной продукции российского производства, доступного для семей с невысоким доходом.

В климатических условиях Удмуртской Республики основная часть производства многих видов овощных культур приходится на тепличные комбинаты, в условиях защищенного грунта. Увеличение эффективности

производства овощей может быть достигнуто путем использования новых методов и способов подготовки семян к посеву [3,4,5,11].

Целью наших исследований является рассмотрение возможности увеличения овощной продукции, полученной в условиях защищенного грунта, за счет использования инновационных технологий: применение питательных растворов «Винцит», «Нано» в комплексе с обработкой семенного материала электрическим полем.

Эксперименты проводились на базе тепличного комбината «Завьяловский» Удмуртской Республики. Для предпосевной обработки семенной материал был разделен на 3 группы. Первая группа семян была обработана добавкой «Винцит» (контрольная группа), вторая группа семян была обработана добавками «Винцит» и «Нано», третья группа семян была дополнительно обработана в электростатическом поле.

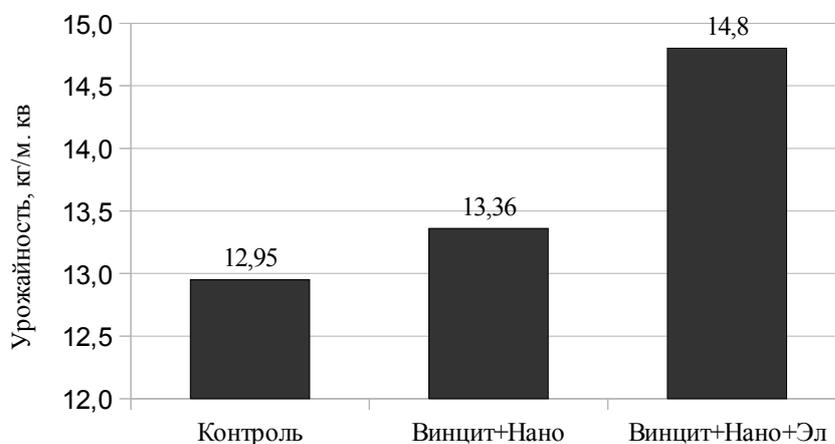


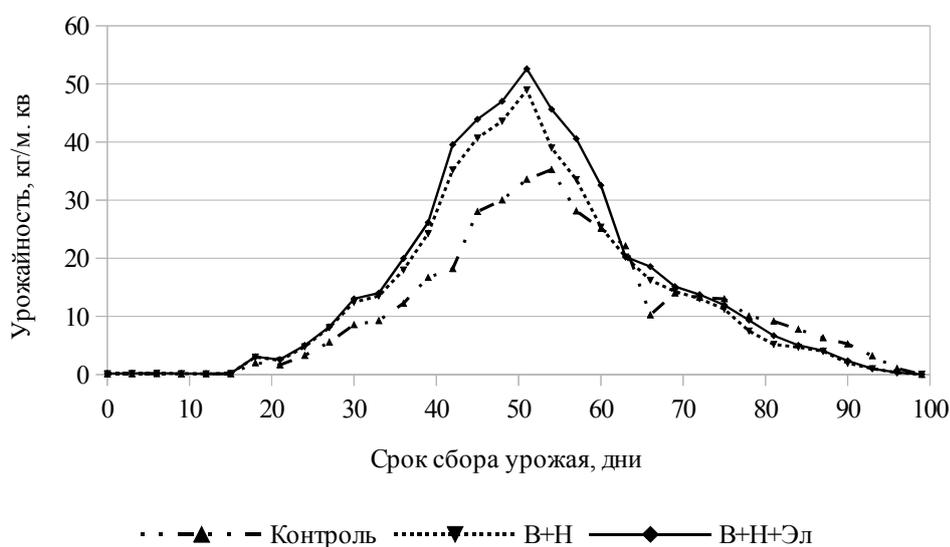
Рис. 1. — Урожайность культуры огурец в зависимости от способа обработки семян

Результаты эксперимента показали, что дополнительная обработка семян в электростатическом поле стимулирует потенциальные возможности семенного организма, дает более быстрый рост и развитие растений, увеличивает общую площадь листьев растений, увеличивает количество

женских соцветий, и в результате приводит к увеличению урожайности культуры «рис.1».

Анализируя данные, представленные на рис. 1, видно, что урожайность культуры огурец повысилась при обработке растворами «Винцит» и «Нано» на 3%, а при дополнительной обработке семян в электрическом поле урожайность растений увеличилась на 14,8% по сравнению с контрольным вариантом.

Далее на основе динамических рядов, приведенных на рис. 2, методами математической статистики проведено изучение распределения урожая по срокам сбора урожая. Отметим, что посадка выращенной рассады в грунт была произведена 14 января, первый сбор урожая состоялся 2 февраля, последний 30 апреля. Уборку плодов проводили в период технической зрелости огурца поделяночно каждые три дня. При этом полученный урожай взвешивали. Первому дню сбора урожая поставим в соответствие  $t = 0$ ,



последнему –  $t = 99$ .

Рис. 2 — Динамические ряды урожайности культуры огурец

Анализируя данные на рис.2, можно видеть, что максимальный сбор урожая во всех вариантах приходится примерно на 51 день после высадки растений на постоянное место.

Вывод математической зависимости получения продукции от дней выращивания и способа предпосевной обработки семян рассмотрим на примере контрольного варианта. Для этого используем известные методы математической статистики, изложенные в литературе [6,7,8,9,10,12].

На основе динамических рядов урожайности построены интервальные ряды распределения урожайности по срокам сбора для каждого из трех вариантов обработки семян.

Интервальные ряды распределения урожайности по дням сбора продукции, выполненные на основе динамических рядов урожайности, представлены в таб.1.

Таблица № 1

Распределение урожайности по срокам сбора для контрольного варианта

Интервалы сроков сбора, дни ( $t_i, t_{i+1}$ )	0-9	9-19	19-27	27-36	36-45	45-54	54-63	63-72	72-81	81-90	90-99	
Суммарная урожайность, кг/кв.м ( $n_i$ )	0,33	0,32	6,94	23,38	47,15	91,64	88,52	46,4	36,32	23,23	9,52	$\sum n_i$ , 75
Относительная урожайность ( $w_i = n_i / \sum n_i$ )	0,0009	0,0009	0,0186	0,0626	0,1262	0,2452	0,2360	0,1241	0,0972	0,0622	0,0255	$\sum = 1,00$
Плотность относительной урожайности ( $w_i/h$ )	0,0001	0,0010	0,0021	0,0070	0,0140	0,0272	0,0263	0,0138	0,0108	0,0069	0,0028	

В представленной таблице 1 в качестве частот  $n_i$  используется вес огурцов в кг, собранный с  $1\text{ м}^2$  за данный период ( $t_i, t_{i+1}$ ), поэтому частоты  $n_i$

имеют дробное значение. Объем выборки  $n = 373,75$  кг — это суммарная урожайность за весь период сбора урожая, а относительная урожайность  $w_i$  — это доля урожая, приходящаяся на период  $(t_i, t_{i+1})$ . Плотность относительной урожайности  $w_i/h$  — это относительная доля урожайности, приходящаяся на один день (в нашем случае  $h=9$  — длина частичного интервала)

Гистограмма плотностей урожайности, соответствующая данному ряду распределения, будет иметь вид, приведенный на рис. 3.

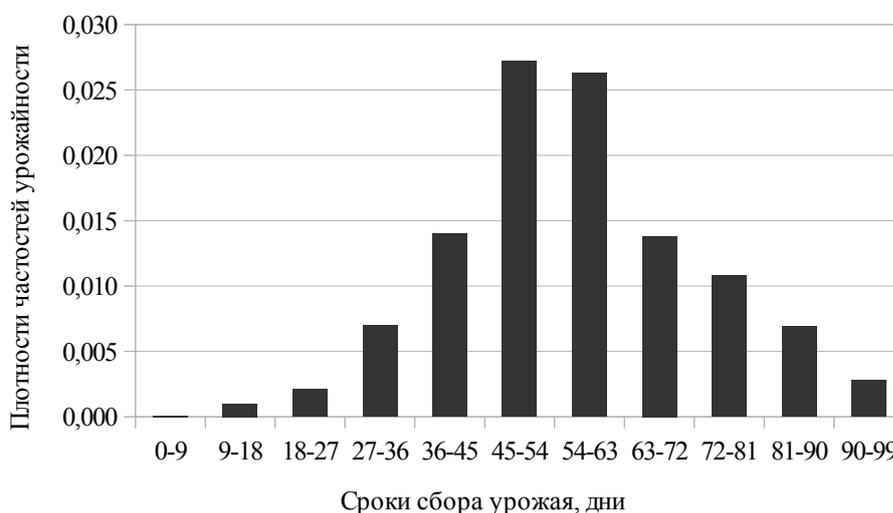


Рис.3 — Гистограмма плотностей урожайности.

Так как гистограмма имеет вид кривой Гаусса, то необходимо сделать проверку гипотезы о нормальном законе распределения урожайности по срокам сбора урожая. Для этого воспользуемся методом, изложенным в [6,7].

При  $3 < n < 1000$  (у нас  $n = 373,75$ ) рассчитывают значение  $R/S$ , где

$R = (t_{\max} - t_{\min})$  — размах вариации признака,

$S = \sqrt{\frac{\sum t_i^2 \cdot n_i}{\sum n_i} - (\bar{t}_i)^2}$  — стандартное среднее квадратическое отклонение.

Для нашего случая

$$R = 96 - 0 = 96 \text{ (дней)}, S = 15,7 \text{ (дней)}, R/S = 96 / 15,7 = 6,1$$

Затем величину  $R/S = 6,1$  сопоставим с критическими верхней и нижней границами этого соотношения, приведенными в соответствующей таблице [6]. Если  $R/S$  меньше нижней или больше верхней границы, то нормального распределения нет. В нашем случае при уровне значимости гипотезы о нормальном распределении  $\alpha = 0.05$  и  $n = 373,75$  по таблице критических границ отношения  $R/S$  имеем:

Объем выборки (n)	Нижняя граница R/S	Верхняя граница R/S
200	4,78	6,39
500	5,37	6,94

При  $n = 373,75$  данное условие  $(4,78 - 5,37) < 6,1 < (6,39 - 6,94)$  выполняется, следовательно, время сбора урожая огурцов можно считать нормально распределенным.

Функция плотности нормального распределения имеет вид:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \text{EXP}(-(t-a)^2 / 2\sigma^2), \text{ где}$$

$a$  – среднее значение признака;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

В нашем случае,  $a = 55,44$  дня,  $\sigma \approx S = 15,73$  дня и функция плотности будет иметь вид:

$$f(t) = 0,025 \cdot \text{EXP}(-0,02(t - 55,44)^2)$$

По полученной математической зависимости построена теоретическая кривая. Плотности частот для опытных данных и соответствующая

теоретическая кривая плотности, полученная расчетным путем, для контрольной группы представлены на рис. 4.



Рис. 4. — Плотность урожайности и теоретическая кривая распределения урожайности по срокам сбора для контрольного варианта

Таким образом, получена математическая модель, описывающая распределение урожайности культуры огурец для контрольной группы в зависимости от сроков сбора:

$$U(t) = 0,025 e^{-0,02(t-55,44)^2},$$

где  $U(t)$  — плотность урожайности.

Аналогично проведен расчет теоретического распределения плотности урожайности по срокам сбора для всех экспериментальных вариантов обработки семян. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета коэффициентов математической модели

Способ обработки	Параметры		Математическая модель
	$a$ , (дн)	$S$ , (дн)	



Винцит (контроль)	55,44	15,73	$U(t) = 0,025 e^{-0,02(t-55,44)^2}$
Винцит + Нано	51,72	14,14	$U(t) = 0,030 e^{-0,0025(t-51,73)^2}$
Винцит + Нано + Эл. поле	52,00	13,86	$U(t) = 0,030 e^{-0,0026(t-52,00)^2}$

Сравнивая значение коэффициента  $a$  в полученных моделях, можно предположить, что получение максимальной прибыли от растений, семена которых перед посадкой обработаны в электростатическом поле, наступит примерно на три дня ранее, чем от растений контрольной группы.

#### Выводы.

1. Обработка семян с использованием питательных растворов «Винцит», «Нано» в комплексе с обработкой в электрическом поле увеличивает урожайность культуры огурца на 14,8% по сравнению с контрольным вариантом (обработка питательным раствором «Винцит»).
2. В результате математической обработки экспериментальных данных получена математическая модель, описывающая распределение урожайности культуры огурец по срокам сбора.
3. Полученная математическая модель может быть использована для прогнозирования урожая в заданные сроки, что позволит планировать цены на продукцию и распределение полученных предприятием денежных доходов.

#### Литература

1. Литвинов С. Состояние и тенденции развития овощеводства в России в начале XXI века // Гавриш. 2006. №1. С. 34-36.
2. Кара-Мурза С., Гражданкина А. Белая книга России. Строительство, перестройка и реформы: 1950-2013 гг. Раздел 2 «Производство и потребление продуктов питания в РСФСР и РФ». М.: 2014 г. URL:



centero.ru/bookshelf/belaya-kniga-rossii-stroitelstvo-perestrojka-i-reformy-1950-2013

3. Кондратьева Н. П., Стерхова Т.Н. Перспективы использования электротехнологии в подготовке семян к посеву. Труды V Международной научной конференции «European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches» August 26–27, 2013, Stuttgart, С.65-67.
  4. Кондратьева Н. П. Стерхова Т.Н., Владыкин И.Р. Прогрессивные электротехнологии для защищенного грунта на предприятиях АПК Удмуртской Республики Труды 3<sup>rd</sup> Conference «Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings» Editor Ludwig Siebenberg. 2013. С. 103-106.
  5. Стерхова Т.Н., Савушкин А.В., Сиротин А.А., Корнаухов П.Д. Электрический способ обеззараживания семян сельскохозяйственных культур // Инженерный вестник Дона, 2013, №1, URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1590
  6. Е.Н. Львовский. Статистические методы построения эмпирических формул.– М., Высшая школа, 1988, 239 с.
  7. Брандт З. Статистические методы анализа наблюдений.– М., Мир, 1975. 312 с.
  8. Закс Лотар. Статистическое оценивание. – М.: Статистика, 1976. 600 с.
  9. Акмаров П.Б., Пономарева С.Я. Обоснование плана сельскохозяйственного производства в регионе с применением математических моделей // Труды XII Байкальской международной конференции, 2001. С. 12-14.
  10. Чурикова С.Ю., Бородина И.П. Моделирование как эффективный инструмент управления предприятием // Инженерный вестник Дона, 2015, №2, ч.2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3023
  11. Pozeliene A., Lynikiene S. The treatment of rape (*Brassica napus* L.) seeds with the help of electrical field Agronomy Research. 2009. №7 (1), pp. 39-46,
-



12. Iqbal1 M., Ahmad I., Hussain S.M., Khera R.A., Bokhara T.H., M.A. Shehzad M.A. Optimization of presowing magnetic field doses through RSM in pea Int. Agrophys. 2013. №27, pp. 265-274

### References

1. Litvinov S. Sostojanie i tendencii razvitija ovoshhevodstva v Rossii v nachale XXI veka. Gavrish. 2006. №1. pp. 34-36.
  2. Kara-Murza S., Grazhdankin A. Belaja kniga Rossii. Stroitel'stvo, perestrojka i reformy: 1950-2013gg. Razdel 2 «Proizvodstvo i potreblenie produktov pitaniya v RSFSR i RF. » [White Book of Russia. Building, restructuring and reform: 1950-2013gg. Section 2 " Production and consumption of food products in the Russian Federation and the RF. "] M.: 2014 g. 1950-2013
  3. Kondrat'eva N. P., Sterhova T.N. Trudy V Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches» August 26–27, 2013, Stuttgart, pp.65-67.
  4. Kondrat'eva N. P., Sterhova T.N., Vladykin I.R. Trudy 3rd Conference «Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings» Editor Ludwig Siebenberg. 2013. pp. 103-106.
  5. Sterhova T.N., Savushkin A.V., Sirotin A.A., Kornauhov P.D. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №1, URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1590](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1590)
  6. L'vovskij E.N. Statisticheskie metody postroenija jempiricheskikh formul.–M., Vysshaja shkola [Statistical methods for constructing empirical formulas] 1988, 239 p.
  7. Brandt Z. Statisticheskie metody analiza nabljudenij [Statistical methods for analysis of observations]. M., Mir, 1975. 312 p.
  8. Zaks Lotar. Statisticheskoe ocenivanie [Statistical estimation]. M.: Statistika, 1976. 600 p.
  9. Akmarov P.B., Ponomareva S.Ja. Trudy XII Bajkal'skoj mezhdunarodnoj konferencii, 2001. pp. 12-14.
-



10. Churikova S.Ju., Borodina I.P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №2, part 2, URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3023](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3023)
11. Pozeliene A., Lynikiene S. Agronomy Research. 2009. №7 (1), p.p. 39-46.
12. Iqbal M., Ahmad I., Hussain S.M., Khera R.A., Bokhari T.H., M.A. Shehzad M.A. Agrophys. 2013. №27, pp. 265-274