

3. Kader A.A., 2008. Flavor quality of fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 1863–1868.
 4. Tremblay N., Auclair P., Parent L.E., Gosselin A., 1993. A multivariate diagnosis approach applied to celery. Plant and Soil, 154: 39–43.
 5. Ulyanych O.I. greens and spice taste vegetable crops / Ulyanych O.I. - Kyiv. : Action, 2004 - 167 p.

6. Ulyanych O.I. Efficacy of innovative technological elements of growing greens and spicy vegetable plants / O.I. Ulyanych, T Melnichenko, O.V. Filonov, // Mater. Abstracts Intern. Scientific Conference «Innovative agricultural technologies in global warming», 4-6 June 2009, Taurian State Agrotechnical University - Ed.1 - S.100-101.



В. О. Ушкаренко
 доктор с.-г. наук, професор,
 академік НААН України
 Херсонського державного
 аграрного університету

УДК 519.237.5: 635.67: 631.5 (477.72)



П. В. Лиховид
 аспірант
 Херсонського державного
 аграрного університету
 pavel.likhovid@gmail.com

РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ УРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ ЦУКРОВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНОЛОГІЇ В ЗРОШУВАНИХ УМОВАХ СУХОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація. У статті наведено модель урожайності товарних качанів кукурудзи цукрової без обгорток залежно від глибини основного полицевого обробітку ґрунту, мінеральних добрив і густоти посівів культури, одержану на основі регресійного аналізу врожайних даних польового досліду. Встановлено, що збільшення глибини полицевої оранки на 1 см веде до зниження врожайності товарних качанів кукурудзи цукрової без обгорток, в середньому, на 97,2 кг/га; підвищення норми мінеральних добрив на 1 кг/га за діючою речовиною веде до збільшення врожайності, в середньому, на 43,6 кг/га; збільшення густоти посівів культури на 1 тис/га — до зростання врожайності, в середньому, на 26,5 кг/га. Визначено, що максимальний вплив на врожайність кукурудзи цукрової мають мінеральні добрива (коефіцієнт детермінації – 0,833), а мінімальний – глибина основного обробітку ґрунту (коефіцієнт детермінації – 0,028). Застосування регресійної моделі сприятиме високоточному прогнозуванню врожайності кукурудзи цукрової за різних технологій вирощування культури за краплинного зрошення в умовах Сухого Степу України.

Ключові слова: кукурудза цукрова, урожайність, регресійний аналіз, програмування врожаю, глибина основного обробітку ґрунту, мінеральні добрива, густота посівів.

В. А. Ушкаренко

доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН України
 Херсонський державний аграрний університет

П. В. Лиховид

аспірант
 Херсонський державний аграрний університет

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУДЫ САХАРНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНОЛОГИИ В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Аннотация. В статье приведена модель урожайности товарных початков кукурузы сахарной без обертков в зависимости от глубины основной отвальной обработки почвы, минеральных удобрений и густоты посевов культуры, полученная на основании регрессионного анализа урожайных данных полевого опыта. Установлено, что увеличение глубины отвальной вспашки на 1 см приводит к снижению урожайности товарных початков кукурузы сахарной без обертков, в среднем, на 97,2 кг/га; повышение нормы минеральных удобрений на 1 кг/га по действующему веществу приводит к увеличению урожайности, в среднем, на 43,6 кг/га; увеличение густоты посевов культуры на 1 тыс/га — к увеличению урожайности, в среднем, на 26,5 кг/га. Определено, что максимальное влияние на урожайность кукурузы сахарной имеют минеральные удобрения (коэффициент детерминации – 0,833), а минимальное – глубина основной обработки почвы (коэффициент детерминации – 0,028). Использование регрессионной модели будет способствовать высокоточному прогнозированию урожайности кукурузы сахарной при различных технологиях выращивания культуры на капельном орошении в условиях Сухой Степи Украины.

Ключевые слова: кукуруза сахарная, урожайность, регрессионный анализ, программирование урожая, глубина основной обработки почвы, минеральные удобрения, густота посевов.

V. O. Ushkarenko

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the NAAS of Ukraine
 Kherson State Agrarian University

P. V. Likhovid

Post-graduate student
 Kherson State Agrarian University

REGRESSION MODEL OF THE SWEET CORN YIELDS DEPENDING ON THE AGROTECHNOLOGY UNDER THE IRRIGATED CONDITIONS OF THE DRY STEPPE ZONE OF UKRAINE

Abstract. The article presents the model of the commodity sweet corn cobs without husks yields depending on the depth of the moldboard primary tillage, mineral fertilizers and crops density, obtained on the basis of the regression analysis of yielding data of the field experiment. It is found that increasing of the moldboard plowing depth on 1 cm leads to lowering

of the yields of sweet corn commodity cobs without husks, in average, on 97.2 kg/ha; increasing of the mineral fertilizers application rate on 1 kg/ha of active substance leads to increase of yields, in average, on 43,6 kg/ha; increasing of the crops density on 1 t/ha – to increase of yields, in average, on 26,5 kg/ha. It is defined, that mineral fertilizers have the maximum influence on the sweet corn yields (coefficient of determination – 0,833), and depth of the primary tillage – the minimum (coefficient of determination – 0,028). Use of the regression model should contribute to high-precision prediction of the sweet corn yields under the different crop cultivation technologies on drip irrigation in conditions of the Dry Steppe Zone of Ukraine.

Keywords: sweet corn, yields, regression analysis, yield programming, depth of the primary tillage, mineral fertilizers, crops density.

Постановка проблеми. Сучасна аграрна наука має на меті забезпечення населення достатньою кількістю якісної продукції рослинництва і тваринництва. Для вирішення цього завдання численними науковцями та фахівцями сільськогосподарського профілю в усіх країнах світу щорічно проводяться різнопрофільні та різномасштабні фундаментальні та прикладні наукові дослідження з найрізноманітніших питань: поліпшення сорто-видового складу культурних рослин, біотехнології, розробки сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, управління природними ресурсами, тощо. Крім того, помітна тенденція до глобалізації аграрної науки та масового впровадження в аграрне виробництво автоматизованих комп'ютерних систем, які наразі широко використовуються для прийняття обґрунтованих управлінських рішень з різних виробничих питань, як то призначення норм і строків поливів сільськогосподарських культур, розробка технологічних карт їх вирощування, тощо. Однією з важливих сфер застосування комп'ютерних технологій в агрономічному виробництві є прогнозування та програмування врожаю. Програмування врожаю – це науково обґрунтоване проектування майбутнього врожаю, в основу якого покладено знання законів землеробства та правильне їх використання. Воно передбачає визначення можливої величини врожаю культури за такими показниками як: надходження і використання посівами фотосинтетично активної радіації (ФАР); вологозабезпеченість посівів; забезпеченість рослин культури поживними елементами; потенційні можливості сорту або гібриду; рівень матеріально-технічної забезпеченості господарства [1, 2].

Високу науково-практичну цінність має прогнозування врожаю, в основі якого лежить аналіз даних багатofакторних польових дослідів. Виконують його, зазвичай, методами математичної статистики. В результаті одержують різні за своїм характером моделі, які можна використовувати для розрахунку врожайності сільськогосподарських культур за різного впливу на них агротехнічних і природних факторів. Одним із поширених методів програмування є побудова регресійної моделі залежності врожаю сільськогосподарської культури від впливу на неї агротехнічних факторів різного ступеня інтенсивності. Регресійна модель, яку складають на основі кореляційно-регресійного аналізу даних багатofакторних дослідів, являє собою рівняння у вигляді лінійної функції, за яким проводять розрахунок ймовірного рівня врожайності культури за різної величини та інтенсивності впливу на неї конкретних антропогенних або природних факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні кількість розроблених і готових до експлуатації моделей урожайності кукурудзи цукрової від різних агротехнічних факторів дуже обмежена. Так, існують регресійні моделі врожайності культури від її сумарного водоспоживання за краплинного зрошення, вологозабезпеченості посівів, рівня мінерального азотного живлення та маси накопиченої сухої речовини, тощо [3-5]. Отже, питанням розробки та впровадження у виробництво науково обґрунтованих математичних моделей приділяють недостатню увагу.

Мета статті. Розробити модель урожайності кукурудзи цукрової залежно від глибини основного обробітку ґрунту, норми внесення мінеральних добрив і густоти посівів за вирощування її при краплинному зрошенні в умовах

Сухого Степу України.

Методика дослідження. Основою для розробки регресійної моделі врожайності кукурудзи цукрової були дані трьохрічних польових дослідів, проведених упродовж 2014-2016 рр. на базі сільськогосподарського кооперативу «Радянська земля» Білозерського району Херсонської області.

Польові досліді проводили відповідно до стандартів методики дослідної справи в агрономії [6, 7, 8]. Тематика досліджень передбачала вивчення таких факторів як: глибина основного обробітку ґрунту (полицева оранка на глибину 20-22 см; полицева оранка на глибину 28-30 см), фон живлення (без добрив; $N_{60}P_{60}$; $N_{120}P_{120}$), густота посівів кукурудзи цукрової (35, 50, 65, 80 тис/га). Повторність дослідів чотирихразова. Дослідна ділянка загальною площею 53,76 м², облікова площа – 30,24 м². Варіанти дослідів розташовували методом рандомізованих розщеплених блоків.

Агротехніка вирощування кукурудзи цукрової була загально визнана для зрошуваних умов Сухого Степу України. Після збирання попередника (пшениця озима на зерно) виконували лушення стерні на глибину 10-12 см. Під основний обробіток ґрунту сівалкою СЗ-3,6 вносили мінеральні добрива відповідно до схеми дослідів. Основний обробіток ґрунту виконували на глибину 20-22 і 28-30 см відповідно до схеми дослідів. У ранньовесняний період проводили боронування. До сівби виконували дві культивациі на глибину 8-10 та 5-6 см. Під передпосівну культивацию вносили гербіцид Харнес нормою 2,0 л/га. Сівба кукурудзи цукрової сорту Брусниця виконувалася сівалкою УПС-8 з міжряддям 70 см на глибину 5-6 см. Норму висіву встановлювали відповідно до схеми дослідів, кінцеву густоту посівів формували в фазу 3-5 листків культури. Проводили обприскування посівів інсектицидом Карате Зеон нормою 0,2 л/га у фазу 3-5 листків культури, гербіцидом Майстер Пауер у фазу 7-8 листків культури нормою 1,25 л/га, інсектицидом Кораген нормою 0,1 л/га на початку викидання волоті. Передпосівну вологість в активному шарі ґрунту (0-30 см до фази 7-8 листків та 0-50 см протягом решти періоду вегетації кукурудзи цукрової) підтримували на рівні 80% НВ шляхом проведеного поливів через систему краплинного зрошення.

Облік урожаю товарних качанів кукурудзи цукрової виконували вручну суцільним методом на початку молочно-воскової стиглості зерна. Зібрані з облікової площі дослідної ділянки качани зважували в обгортках і без них.

Під час побудови регресійної моделі врожайності товарних качанів кукурудзи цукрової без обгортки залежно від досліджуваних факторів використовували програмне забезпечення Microsoft Excel 2010 та LibreOffice Calc 5.2.

Основні результати дослідження. У результаті проведених упродовж 2014-2016 рр. польових дослідів методом дисперсійного аналізу даних було встановлено суттєвий вплив усіх досліджуваних елементів агротехніки та їх комплексної дії на врожайність товарних качанів кукурудзи цукрової без обгортки (табл. 1).

Камеральна обробка вищевказаних врожайних даних методами математичного аналізу (кореляційного та регресійного) дала змогу оцінити сили та напрями взаємозв'язків між продуктивністю культури та реалізацією елементів технології її вирощування [8]. Було встановлено, що максимальний прямиий вплив на врожайність товарних качанів кукурудзи цукрової без обгортки має норма мінеральних добрив: коефіцієнт детермінації склав 0,833.

Таблиця 1

Урожайність товарних качанів кукурудзи цукрової без обгорток, т/га (середнє за 2014-2016 рр.)

Глибина основного обробітку ґрунту, см (фактор А)	Загущення рослин, тис/га (фактор С)	Фон живлення (фактор В)		
		Без добрив	N ₆₀ P ₆₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀
20-22	35	2,67	5,56	7,53
	50	2,85	6,31	8,81
	65	3,01	7,67	10,93
	80	2,96	6,80	9,58
28-30	35	3,00	4,89	6,23
	50	3,34	5,55	7,36
	65	3,57	6,25	8,59
	80	3,37	5,64	7,56

Примітка. НІР₀₅: фактор А — 0,10; фактор В — 0,07; фактор С — 0,12; комплексна дія факторів АВС — 0,30 т/га.

Таблиця 2

Результати кореляційного та регресійного аналізів даних урожайності товарних качанів кукурудзи цукрової без обгорток

До якого X _i відносяться дані	R — множинний і r _i — парні коефіцієнти кореляції	D — загальний і d _i — часткові коефіцієнти детермінації	b ₀ і b _i — коефіцієнти регресії	t _{факт}	t ₀₅
X ₁ X ₂ X ₃	0,947	0,897	4,0270	3,388	2,069
X ₁	-0,166	0,028	-0,0972	-2,319	
X ₂	0,913	0,833	0,0436	12,729	
X ₃	0,190	0,036	0,0265	2,655	

Примітка. Тут і надалі X₁ — глибина основного обробітку ґрунту, см; X₂ — фон живлення, кг/га; X₃ — загущення рослин, тис/га.

Таблиця 3

Результати кореляційного аналізу множинних зв'язків даних урожайності товарних качанів кукурудзи цукрової без обгорток

До якого X _i відносяться дані	Коефіцієнти кореляції	Коефіцієнти детермінації
X ₁ X ₂	0,927	0,861
X ₁ X ₃	0,252	0,064
X ₂ X ₃	0,932	0,870

Найменшу силу впливу на продуктивність культури має глибина основного обробітку ґрунту: коефіцієнт детермінації склав 0,028. До того ж, взаємозв'язок глибини полицевої оранки та врожайності кукурудзи цукрової виявився зворотнім, що видно з від'ємного значення коефіцієнта кореляції (-0,166). Таким чином, зі збільшенням глибини основного обробітку ґрунту врожайність культури знижується. Максимальну силу впливу має комплексна дія досліджуваних факторів: коефіцієнт детермінації склав 0,897 (табл. 2). Серед попарних взаємодій найсильніший вплив мають мінеральні добрива сукупно з густотою посівів: коефіцієнт детермінації склав 0,870 (табл. 3).

Розраховані нами коефіцієнти регресії показують, що збільшення глибини основного обробітку ґрунту на 1 см веде до зниження врожайності товарних качанів кукурудзи цукрової на 97,2 кг/га; підвищення норми мінеральних добрив на 1 кг/га за діючою речовиною веде до збільшення врожайності культури на 43,6 кг/га, а збільшення густоти рослин на 1 тис./га — до зростання врожайності на 26,5 кг/га, тощо.

Згідно отриманих величин коефіцієнтів регресії та вільного члена було складено лінійну регресійну модель урожайності товарних качанів кукурудзи цукрової без обгорток залежно від досліджуваних факторів, яка має наступний вигляд:

$$y = 4,0270 - 0,0972x_1 + 0,0436x_2 + 0,0265x_3$$

Графічна перевірка розробленої регресійної моделі вказує на високу її достовірність і можливість використання для прогнозування врожайності кукурудзи цукрової залежно від реалізації досліджуваних агротехнічних факторів (рис. 1).

Висновки. Побудована за результатами польових дослідів регресійна модель урожайності товарних качанів кукурудзи цукрової залежно від глибини основного полицевого обробітку ґрунту, норми внесення мінеральних добрив і густоти посівів культури має високу точність і може бути рекомендована для прогнозування можливої продуктивності культури за вирощування її в умовах краплинного зрошення в зоні Сухого Степу України.

Література

- Ушкаренко В. О. Зрошуване землеробство / В. О. Ушкаренко. — К.: Урожай, 1994. — 328 с.
- Рослинництво: Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко. За ред. О. І. Зінченка — К.: Аграрна освіта, 2001. — 591 с.
- Шатковський А. П. Наукові основи інтенсивних технологій краплинного зрошення просапних культур в умовах Степу України: автореф. дис. доктора с.-г. наук: 06.01.02 / Інститут водних проблем і меліорації НААН України / А. П. Шатковський. — Херсон, 2016. — 45 с.
- Рычкова М. И. Режим орошения и удобрение сахарной кукурузы на обыкновенных черноземах: автореф. дисс. канд. с.-х. наук: 06.01.02 / ФГНУ

"Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации" / М. И. Рычкова. – Новочеркасск, 2007. – 23 с.

5. Брижак В. В. Капельное орошение сахарной кукурузы в сухостепной зоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья: автореф. дисс. канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова / В. В. Брижак. – Волгоград, 2008. – 24 с.

6. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М.: РАСХН ВНИИО, 2011. – 650 с.

7. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / [ред. Г. Л. Бондаренко, К. І. Яковенко]. – Харків : Основа, 2001. – 366 с.

8. Ушкаренко В. О. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство): Навчальний посібник / В. О. Ушкаренко, Р. А. Вожегова, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. – Херсон: Грін Д. С., 2014. – 448 с.

References

1. Ushkarenko, V. (1994). Irrigated farming. Kyiv: Urozhaj, 1994. 328 p. (in

Ukrainian).

2. Zinchenko, O., Salatenko, V., Bilonozhko, M. (2001). Crop production: the textbook. Kyiv: Agrarna osvita, 2001. 591 p. (in Ukrainian).

3. Shatkovs'kij, A. P. (2016). Scientific bases of intensive technologies of the drip irrigation of row crops in the conditions of the Steppe of Ukraine. Dr. agric. sci. diss. Kherson, 2016. 45 p. (in Ukrainian).

4. Rychkova, M. I. (2007). The mode of irrigation and fertilization of sweet corn at ordinary black earths of Lower Volga avtoref. PhD. agric. sci. diss. Novocheerkassk, 2007. 23 p.

5. Brizhak, V. V. (2008). Drip irrigation of sweet corn in the dry steppe zone of light-chestnut soils of Lower Volga. PhD. agric. sci. diss. Volgograd, 2008. 24 p.

6. Litvinov, S. Methodology of the field experiment in olericulture. Moscow: RASHN VNIIO, 2011. 650 p.

7. Bondarenko, G., Yakovenko K. Methodology of the experimental work in olericulture and melon-growing. Kharkiv: Osнова, 2001. 366 p.

8. Ushkarenko V., Vozhegova, R., Goloborod'ko, S., Kokovihin, S. Methodology of the field experiment (Irrigated farming): The tutorial. Kherson : Grin' D. S., 2014. 448 p.