СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ, ЗЕРНОБОБОВИХ ТА БІЛКОВО-ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

УДК 633.15:631.17

ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ РІЗНИХ НАПРЯМІВ ВИКОРИСТАННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В ЛІСОСТЕПУ

В. Ф. Камінський, Н. М. Асанішвілі

DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-07

Метою досліджень, що проведені впродовж 2016-2019 рр., було встановлення впливу технологічних заходів на показники якості зерна кукурудзи для оптимізації елементів технології вирощування культури залежно від напрямів використання в умовах Лісостепу. **Методи** – польовий, кількісно-ваговий, хімічний, порівняльно-розрахунковий, математико-статистичний. **Результати.** За результатами досліджень виявлено залежності формування якості зерна за вмістом у ньому протеїну, крохмалю, жиру та кореляційні зв'язки між цими показниками і урожайністю кукурудзи. Краща якість зерна кормового та продовольчого напряму формується за внесення високих доз мінеральних добрив, а для переробки на біоетанол за співвідношенням вмісту протеїну і крохмалю гарантовано забезпечується за оптимального та підвищеного удобрення. Встановлено, що вміст протеїну, крохмалю та жиру менше впливав на їх збір з 1 га посіву, ніж рівень врожайності. Оцінено технології вирощування різної інтенсивності за можливістю їх застосування для виробництва зерна різного напряму використання із заданими параметрами якості: збором протеїну, крохмалю, жиру та виходом біоетанолу. **Висновки.** Технологія вирощування кукурудзи з комплексним застосуванням елементів інтенсифікації в умовах Лісостепу, що включає внесення $N_{240}P_{120}K_{240}$ на фоні побічної продукції попередника, застосування ґрунтового і страхового гербіциду, стимуляторів росту рослин і мікродобрив придатна на кормові та продовольчі цілі та забезпечила врожайність на рівні 12,1 т/га зерна з вмістом та збором протеїну – 10,56% та 1,28 т/га, жиру – 4,29% і 0,52 т/га, крохмалю – 71,27 % та 8,62 т/га. Для переробки на біоетанол найефективнішою є технологія вирощування кукурудзи з внесенням $N_{180}P_{120}K_{180}$, побічної продукції попередника, ґрунтового гербіциду та біостимуляторів, що забезпечила врожайність 9,76 т/га зерна з вмістом крохмалю 72,26% за його збору 7,05 т/га та виходу біоетанолу на рівні 3982 л/га.

Ключові слова: *кукурудза, технологія вирощування, якість зерна, урожайність, протеїн, крохмаль, жир, біоетанол.*

Камінський Віктор Францевич, д.с.-г.н., професор, академік НААН, директор Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», м. Київ, e-mail: kamin.60@ukr.net, ORCID iD https://orcid.org/0000-0002-9668-6742

Асанішвілі Надія Миколаївна, к.с.-г.н., с.н.с., вчений секретар Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», м. Київ, e-mail: nadia-asanishvili@ukr.net, ORCID iD https://orcid.org/0000-0002-2782-4785

Вступ. **Постановка проблеми**. Кукурудза – провідна сільськогосподарська культура, що забезпечує основну частину валових обсягів зерна в Україні. Зерно кукурудзи переважно йде на фураж, менше – на продовольчі та технічні цілі, а також використовується для переробки на біопаливо. Відтак проблема забезпечення галузей тваринництва, харчової та паливної промисловості цією сировиною з відповідними показниками якості є

важливим завданням аграрної науки і практики [1, 2].

Напрям використання зерна кукурудзи зумовлює критерії його оцінки за відповідними показниками якості. Поживна та кормова якість визначається енергетичною цінністю та вмістом у ньому жиру та протеїну. У кормовиробництві зерно кукурудзи є незамінним при виготовленні концентрованих кормів для годівлі свиней, великої рогатої худоби, птиці [3]. Для виробництва біоетанолу, що на сьогодні є найпопулярнішим видом палива з відновлюваних джерел, пріоритетним є високий вміст крохмалю [4, 5]. Технології вирощування кукурудзи з метою виробництва біоетанолу повинні бути спрямовані на отримання зерна з якнайменшим вмістом білка та найбільшим – крохмалю (високоенергетичних сполук), що забезпечить підвищений вихід палива.

Необхідно розробляти та впроваджувати спеціалізовані технології вирощування кукурудзи, які б за високої продуктивності та ресурсовіддачі забезпечували можливість формування товарних партій зерна з показниками якості відповідного напряму використання [6].

Тому метою наших досліджень було встановлення впливу технологічних заходів на показники якості зерна кукурудзи для оптимізації елементів технології вирощування культури залежно від напрямів використання в умовах Лісостепу.

Матеріали і методи. Польові дослідження проводили впродовж 2016-2019 рр. у чотирипільній короткоротаційній сівозміні з таким чергуванням культур: пшениця озима – кукурудза на зерно – ранні ярі зернові культури (овес, тритикале) – горох, стаціонарного довготривалого досліду, що територіально розміщується у північній частині Лісостепу. Дослід закладено згідно усіх вимог методики дослідної справи на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті з дуже низьким рівнем забезпеченості рухомими формами азоту, підвищеним і високим вмістом рухомих калію та фосфору.

Визначення впливу удобрення та методів догляду за посівами на врожайність та якість зерна кукурудзи проводили у двофакторному досліді, схема якого наведена у табл. 1. Агротехнічний метод догляду за посівами передбачав проведення досходового боронування та двох міжрядних обробітків. Хімічний метод включав внесення після сівби кукурудзи ґрунтового гербіциду Примекстра Голд 720 (2,5 л/га). Метод догляду за посівами комплексний I передбачав застосування, крім ґрунтового гербіциду, стимуляторів росту рослин шляхом оброблення насіння перед сівбою (Регоплант – 250 мл/т) та обприскування посівів (Стимпо – 25 мл/га). Метод комплексний II включав внесення ґрунтового гербіциду, оброблення насіння стимулятором росту рослин Регоплант, обприскування посівів баковою сумішшю: біостимулятор Стимпо (25 мл/га) + мікродобрива Фолік Макро (2,0 л/га) і Фолік Zn (0,5 л/га) + страховий гербіцид Майстер Пауер (1,25 л/га). Мікродобриво Фолік Zn містить цинк (20%) та азот (8%), Фолік Макро – 22%

азоту, 22% фосфору, 17% калію, від 0,001 до 0,14% – бор, мідь, залізо, марганець, молібден, цинк.

Технологія вирощування кукурудзи була загальноприйнятою для зони Лісостепу, крім елементів, що вивчали у досліді. Усі препарати та добрива, що використовували у дослідженнях, включені до Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні. Висівали середньоранній гібрид кукурудзи Гідний (ФАО 280), що з 2016 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні.

Для досягнення поставленої мети застосовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: польовий – для вивчення взаємозв'язку об'єкта з біотичними та абіотичними факторами; кількісно-ваговий – для обліку врожайності, який проводили поділяночно, з урахуванням засміченості й вологості; хімічний – для проведення аналізу зерна на вміст білка, крохмалю, жиру методом інфрачервоної спектроскопії; порівняльно-розрахунковий – для визначення збору протеїну, крохмалю, жиру та виходу біоетанолу з 1 га; математико-статистичні методи: дисперсійний, кореляційно-регресивний – для визначення достовірності отриманих даних та виявлення залежностей.

Результати та їх обговорення. Встановлено, що у середньому за 2016-2019 рр. якість зерна кукурудзи формувалась під впливом технологічних чинників, причому інтенсивність реакції на їх дію була різною, що підтверджується результатами статистичного аналізу. Так основні хімічні показники якості зерна змінювалися у межах досліду з середнім варіюванням на рівні V = 11-12% – за протеїном (крім агротехнічного методу, де V = 9%), та слабким – за вмістом крохмалю та жиру, що свідчить про високу генетичну обумовленість цих ознак (табл. 1).

Краща якість зерна кормового та продовольчого напряму з умістом протеїну понад 10% формується за внесення високих доз мінеральних добрив, а для енергетичних цілей – у варіантах без добрив та за внесення побічної продукції попередника за вмісту крохмалю понад 73%. Виявлена залежність підтверджує результати досліджень інших авторів щодо формування основних показників якості зерна залежно від елементів технології вирощування та напрямів використання [3, 4, 7].

Здійснення позакореневого підживлення мікродобривами, що у складі містять комплекс макро- і мікроелементів, за комплексного II методу догляду за посівами сприяло як зростанню загального рівня врожайності, так і покращенню якості зерна за вмістом протеїну. У середньому за усіх варіантів удобрення у зерні містилося 9,01% протеїну зі зміною показника залежно від добрив у діапазоні 7,54-10,56%.

Натомість за інших методів догляду за посівами середні значення становили 8,49-8,78% і меншими були за комплексного I методу, очевидно, у зв'язку з ефектом «ростового розбавлення». Бикін А.В., Тарасенко О.В. спостерігали такий же ефект при зростанні врожайності кукурудзи за внесення обмежених доз мінеральних добрив [8]. За вмістом жиру виявлено тенденцію

до збільшення показника на удобрених варіантах досліду без чітко вираженої залежності.

Відомо, що для максимального виходу якісного етанолу найоптимальнішим є співвідношення в зерні вмісту білка менше 10% та крохмалю – більше 65%. До того ж, для повнішого використання потенціалу кукурудзи у технологіях вирощування культури для переробки на енергетичні цілі необхідно обирати гібриди, які характеризуються високим генетично детермінованим умістом крохмалю в зерні, що підтверджують й інші науковці [4, 9].

Таблиця 1

Хімічні показники якості зерна кукурудзи залежно від елементів технології вирощування, середнє за 2016-2019 рр., %

Удобрення	Вміст у зерні, % за методу догляду за посівами					
	протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир
	агротехнічний			хімічний		
Без добрив (контроль)	7,58	73,88	4,27	7,24	74,08	4,26
Побічна продукція попередника (фон)	7,66	73,67	4,29	7,09	74,27	4,25
Фон+N_{40}	8,06	73,01	4,40	7,62	73,95	4,35
Фон+N_{120}	8,84	72,48	4,45	9,69	72,28	4,32
$N_{60}P_{45}K_{60}$	8,39	72,63	4,31	8,43	73,14	4,29
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	8,52	72,83	4,40	8,26	73,54	4,37
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	8,61	72,84	4,42	8,27	73,21	4,26
Фон+$N_{120}P_{45}K_{60}$	9,33	72,15	4,40	9,51	72,48	4,37
Фон+$N_{120}P_{80}K_{100}$	9,06	72,37	4,28	8,83	73,01	4,34
Фон+$N_{120}P_{90}K_{120}$	9,57	72,00	4,33	9,39	72,95	4,45
Фон+$N_{180}P_{120}K_{180}$	10,02	71,63	4,44	9,59	72,46	4,36
Фон+$N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га)	9,75	71,60	4,36	10,31	71,95	4,43
Середнє	8,78	72,59	4,36	8,68	73,11	4,34
Sx	0,2	0,2	0,02	0,3	0,2	0,02
V, %	9,0	1,0	1,5	12,0	1,0	1,5
S	0,8	0,7	0,1	1,0	0,7	0,1
	комплексний I			комплексний II		
Без добрив (контроль)	7,25	74,32	4,38	7,54	73,76	4,22
Фон	7,15	74,03	4,37	8,08	73,44	4,37
Фон+N_{40}	7,63	73,54	4,36	8,25	73,16	4,35
Фон+N_{120}	8,76	72,75	4,32	9,47	72,19	4,46
$N_{60}P_{45}K_{60}$	7,88	73,63	4,36	8,53	72,97	4,33
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	8,02	73,29	4,26	7,93	73,45	4,44
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	7,92	73,31	4,34	8,68	72,78	4,39
Фон+$N_{120}P_{45}K_{60}$	8,94	72,41	4,42	9,22	71,94	4,26
Фон+$N_{120}P_{80}K_{100}$	9,73	72,13	4,32	9,60	71,76	4,27
Фон+$N_{120}P_{90}K_{120}$	9,15	72,35	4,36	9,97	71,75	4,33
Фон+$N_{180}P_{120}K_{180}$	9,85	72,26	4,38	10,34	71,50	4,38
Фон+$N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га)	9,62	72,27	4,54	10,56	71,27	4,29
Середнє	8,49	73,02	4,37	9,01	72,50	4,34
Sx	0,3	0,2	0,02	0,3	0,2	0,02
V, %	11,4	1,0	1,5	11,0	1,2	1,7
S	1,0	0,8	0,1	1,0	0,9	0,1

У наших дослідженнях такий рівень за вмістом крохмалю забезпечено в усіх варіантах досліду, а за вмістом протеїну – гарантовано у технологіях з внесенням мінеральних добрив у дозах, що не перевищують $N_{120}P_{90}K_{120}$ за усіх методів догляду за посівами, а також за внесення $N_{180}P_{120}K_{180}$ у межах хімічного та комплексного І методу.

За результатами кореляційного аналізу встановлено рівень залежності між рівнем врожайності кукурудзи та хімічними показниками якості зерна. Зокрема, між врожайністю та вмістом протеїну встановлено тісний прямий кореляційний зв'язок (r=0,897 – 0,969), крохмалю – тісний обернений зв'язок (r = -0,866 – (-0,971)). Ці результати підтверджують класичні роботи щодо накопичення білка в зерні кукурудзи, якими встановлено та експериментально доведено на біохімічному рівні обернену залежність з умістом крохмалю [10].

Між вмістом жиру та врожайністю виявлено прямі кореляційні залежності різної сили, зокрема, за хімічного методу – тісну з r=0,714 та середньої сили – за агротехнічного та комбінованого І методу догляду за посівами (r = 0,342 – 0,402). Взаємозалежності між вмістом протеїну, крохмалю та жиру характеризувались особливостями у межах методів догляду за посівами. Так зв'язок між вмістом протеїну та жиру за хімічного методу був прямим і найтіснішим (r 0,714), за агротехнічного та комплексного І методу – прямим середньої сили (r=0,421 і 0,302), а за комплексного ІІ виявлено слабкий обернений зв'язок з r=-0,020.

Між вмістом крохмалю та жиру за агротехнічного та хімічного методу встановлено обернені кореляційні зв’язки середньої сили (r = -0,437 і -0,580), за комплексного І методу – слабкий обернений зв'язок з r= -0,245, у межах комплексного ІІ методу – слабку пряму залежність (r = 0,111). Щодо залежності між вмістом протеїну і крохмалю, то за усіх методів догляду за посівами виявлено тісні обернені кореляційні зв’язки з r = -0,969 – (-0,984).

Рівень врожайності опосередковано впливає на формування основних показників якості зерна, а забезпечення високих врожаїв – мета кожної технологічної системи. Встановлено, що у середньому за 2016-2019 рр. найвищу врожайність (11,21-12,10 т/га) отримано за вирощування кукурудзи з унесенням високих і надвисоких доз мінеральних добрив за комплексного ІІ методу догляду за посівами, що передбачав застосування ґрунтового і страхового гербіцидів, стимуляторів росту рослин та мікродобрив, а найменшу – у варіанті без добрив за агротехнічного методу (табл. 2).

Внесення максимальної у досліді дози мінеральних добрив $N_{240}P_{120}K_{240}$ на фоні побічної продукції попередника забезпечило формування у 2,7-3,0 рази вищої врожайності, ніж за рахунок природної родючості ґрунту. Врожайність кукурудзи суттєво змінювалась під впливом удобрення, про що свідчить як коефіцієнт варіювання V = 28,8-30,7% залежно від методу догляду за посівами, так і частка участі цього фактору у формуванні приросту врожайності – 86,7%.

Метод догляду за посівами меншою мірою впливав на рівень

врожайності з часткою участі відповідного чинника 8,8%. Серед методів догляду за посівами комплексний ІІ виявився найкращим за впливом на врожайність кукурудзи і в середньому за усіх варіантів удобрення сприяв підвищенню рівня врожаю на 25,4% порівняно до агротехнічного, який був найменш ефективним.

Таблиця 2

Урожайність кукурудзи на зерно залежно від елементів технології вирощування, середнє за 2016-2019 рр., т/га

Удобрення	Метод догляду за посівами			
	агротехнічний	хімічний	комплексний І	комплексний ІІ
Без добрив (контроль)	3,44	3,63	3,69	4,03
Побічна продукція попередника (фон)	3,80	4,13	4,23	4,54
Фон + N_{40}	4,65	5,01	5,11	5,61
Фон + N_{120}	6,04	6,59	6,70	7,67
$N_{60}P_{45}K_{60}$ *	6,08	6,51	6,75	7,64
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	5,96	6,37	6,57	7,42
Фон + $N_{60}P_{45}K_{60}$ *	6,32	6,85	7,02	7,98
Фон + $N_{120}P_{45}K_{60}$ **	6,93	7,34	7,62	8,76
Фон + $N_{120}P_{80}K_{100}$	7,41	7,99	8,21	9,41
Фон + $N_{120}P_{90}K_{120}$	7,70	8,26	8,36	9,73
Фон + $N_{180}P_{120}K_{180}$	8,95	9,63	9,76	11,21
Фон + $N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га)	9,35	10,18	10,33	12,10
Середнє	6,39	6,87	7,03	8,01
Sx	0,5	0,6	0,6	0,7
V, %	28,8	29,1	28,8	30,7
S	1,84	2,00	2,02	2,46
$НІР_{05}$ за факторами: «удобрення» – 0,08; «метод догляду за посівами» – 0,05; загальна – 0,34. Частка участі фактора, %: «рік» – 3,5; «метод догляду за посівами» – 8,8; «удобрення» – 86,7; інші – 1,0.				

Примітка. *– до 2016 р. доза добрив $N_{120}P_{90}K_{120}$; ** – впродовж 2011-2015 рр. доза добрив $N_{240}P_{120}K_{240}$.

Розрахунковий збір протеїну, крохмалю і жиру з 1 га наведено у табл. 3. Встановлено, що вміст протеїну, крохмалю та жиру менше впливав на їх збір з 1 га посіву, ніж рівень врожайності, що підтверджується результатами статистичного аналізу. Так мінливість цих показників була високою (V = 28,0-40,2 %), на противагу варіабельності їх вмісту у зерні. Тому закономірно більші значення збору протеїну, крохмалю та жиру з 1 га посіву кукурудзи отримано за інтенсивних технологій, а менші – за екстенсивних моделей.

У розрізі методів догляду за посівами за збором протеїну виділився лише комплексний ІІ метод, де в середньому за усіх варіантів удобрення отримано 0,74 т/га, в той час як за інших методів – 0,57-0,61 т/га. Збільшення збору протеїну за комплексного застосування гербіцидів, стимуляторів росту рослин і мікродобрив до 0,31-1,28 т/га залежно від варіантів удобрення забезпечено як за рахунок зростання загального рівня врожайності кукурудзи, так і в результаті позитивного ефекту позакореневого підживлення посівів

мікродобривами, що виявився у накопиченні протеїну в зерні. Показники збору крохмалю і жиру прямо кореспондувалися з врожайністю кукурудзи у відповідних варіантах досліду і становили 2,54-8,62 та 0,15-0,49 т/га.

Таблиця 3

Збір протеїну, крохмалю та жиру з 1 га кукурудзи на зерно залежно від елементів технології вирощування, середнє за 2016-2019 рр., т

Удобрення	Збір за методу догляду за посівами					
	протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир
	агротехнічний			хімічний		
Без добрив (контроль)	0,26	2,54	0,15	0,26	2,69	0,15
Побічна продукція попередника (фон)	0,29	2,80	0,16	0,29	3,07	0,18
Фон+N_{40}	0,37	3,40	0,20	0,38	3,71	0,22
Фон+N_{120}	0,53	4,37	0,27	0,64	4,76	0,28
$N_{60}P_{45}K_{60}$	0,51	4,42	0,26	0,55	4,76	0,28
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	0,51	4,34	0,26	0,53	4,68	0,28
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	0,55	4,60	0,28	0,57	5,01	0,29
Фон+$N_{120}P_{45}K_{60}$	0,65	5,00	0,31	0,70	5,32	0,32
Фон+$N_{120}P_{80}K_{100}$	0,67	5,36	0,32	0,70	5,84	0,35
Фон+$N_{120}P_{90}K_{120}$	0,74	5,54	0,33	0,78	6,02	0,37
Фон+$N_{180}P_{120}K_{180}$	0,90	6,41	0,40	0,92	6,98	0,42
Фон+$N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га)	0,91	6,70	0,41	1,05	7,32	0,45
Середнє	0,57	4,62	0,28	0,61	5,01	0,30
Sx	0,1	0,4	0,02	0,1	0,4	0,03
V, %	36,9	28,0	29,6	38,8	28,3	30,1
S	0,2	1,3	0,1	0,2	1,4	0,1
	комплексний I			комплексний II		
Без добрив (контроль)	0,27	2,74	0,16	0,31	2,97	0,17
Фон	0,30	3,13	0,19	0,37	3,33	0,20
Фон+N_{40}	0,39	3,75	0,22	0,46	4,10	0,24
Фон+N_{120}	0,59	4,87	0,29	0,73	5,53	0,34
$N_{60}P_{45}K_{60}$	0,53	4,97	0,29	0,65	5,57	0,33
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	0,52	4,81	0,28	0,59	5,45	0,33
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	0,55	5,14	0,30	0,69	5,81	0,35
Фон+$N_{120}P_{45}K_{60}$	0,68	5,52	0,34	0,81	6,30	0,37
Фон+$N_{120}P_{80}K_{100}$	0,79	5,92	0,35	0,90	6,76	0,40
Фон+$N_{120}P_{90}K_{120}$	0,77	6,05	0,36	0,97	6,98	0,42
Фон+$N_{180}P_{120}K_{180}$	0,96	7,05	0,43	1,16	8,01	0,49
Фон+$N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га)	0,99	7,46	0,47	1,28	8,62	0,52
Середнє	0,61	5,12	0,31	0,74	5,79	0,35
Sx	0,1	0,4	0,03	0,1	0,5	0,03
V, %	38,4	28,0	29,8	40,2	29,8	30,6
S	0,2	1,4	0,1	0,3	1,7	0,1

Вихід біоетанолу з 1 га кукурудзи на зерно є важливим попереднім оціночним критерієм ефективності технології вирощування культури для переробки на біопаливо. Його розраховано за параметрами, запропонованими Рибалкою О. І., Червоносом М. В., Моргуном Б. В. [4] (табл. 4).

Варіанти досліду з вмістом протеїну в зерні більше 10% при аналізі матеріалу до уваги не бралися, адже перевищення за цим показником

опосередковано слугує індикатором низької якості крохмалю у зв'язку з утворенням крохмальних гранул великих розмірів та недоцільності переробки такого зерна на біоетанол.

Таблиця 4

Розрахунковий вихід біоетанолу з 1 га посіву кукурудзи на зерно залежно від елементів технології вирощування, середнє за 2016-2019 рр., л

Варіант удобрення	Метод догляду за посівами			
	агротехнічний	хімічний	комплексний I	комплексний II
Без добрив (контроль)	1434	1517	1549	1679
Побічна продукція попередника (фон)	1581	1732	1769	1883
Фон+N_{40}	1920	2093	2120	2317
Фон+N_{120}	2470	2689	2752	3124
$N_{60}P_{45}K_{60}$	2494	2690	2807	3147
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	2450	2645	2719	3078
Фон+$N_{60}P_{45}K_{60}$	2599	2830	2904	3279
Фон+$N_{120}P_{45}K_{60}$	2823	3004	3117	3558
Фон+$N_{120}P_{80}K_{100}$	3029	3296	3344	3817
Фон+$N_{120}P_{90}K_{120}$	3131	3402	3417	3942
Фон+$N_{180}P_{120}K_{180}$	3619	3943	3982	4526
Фон+$N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га)	3781	4136	4215	4870
Середнє	2611	2832	2891	3268
Sx	210,7	231,4	233,3	280,8
V, %	28,0	28,3	28,0	29,8
S	729,8	801,4	808,3	972,7

У межах досліду розрахунковий вихід біоетанолу залежав від збору крохмалю з одиниці площі та змінювався у широкому діапазоні (V = 28,0-29,8%) з 1434 у контрольному варіанті до 3982 л/га – за внесення $N_{180}P_{120}K_{180}$ на фоні побічної продукції попередника, застосування ґрунтового гербіциду та стимуляторів росту рослин для оброблення насіння і посівів.

За результатами комплексного аналізу технологій вирощування кукурудзи для отримання зерна різних напрямів використання з урахуванням рівня врожайності, хімічних показників якості зерна, збору протеїну, крохмалю, жиру та виходу біоетанолу з одиниці площі виокремлено найефективніші з них, що забезпечують отримання сталих обсягів високоякісного зерна відповідного цільового напряму в агрокліматичних умовах Лісостепу.

Висновки. Встановлено, що формування показників якості зерна кукурудзи зумовлюється впливом технологічних чинників, а їх рівень залежить від інтенсивності реакції культури на дію та взаємодію елементів технології вирощування.

Визначено найдоцільніші технології вирощування кукурудзи для отримання зерна різного напряму використання в умовах Лісостепу. Найпридатнішою для вирощування кукурудзи на кормові та продовольчі цілі

за показниками обсягів отриманої продукції та її якості є технологія з комплексним застосуванням чинників інтенсифікації, що включає внесення $N_{240}P_{120}K_{240}$ на фоні побічної продукції попередника, застосування ґрунтового і страхового гербіциду, стимуляторів росту рослин та мікродобрив. Технологія забезпечує стабільну врожайність на рівні 12,1 т/га зерна з вмістом та збором протеїну – 10,56% та 1,28 т/га, жиру – 4,29% і 0,52 т/га, крохмалю 71,27% та 8,62 т/га. Для отримання високоякісного зерна з метою переробки на біоетанол найефективнішим є вирощування кукурудзи з внесенням $N_{180}P_{120}K_{180}$, побічної продукції попередника, ґрунтового гербіциду та біостимуляторів, що забезпечує врожайність 9,76 т/га зерна з вмістом крохмалю 72,26% за його збору 7,05 т/га та виходу біоетанолу на рівні 3982 л/га.

Список бібліографічних посилань

1. *Шубравська О.В., Прокопенко К.О.* Розвиток аграрного ринку України в умовах дії інноваційних чинників. *Економіка і прогнозування*. 2011. № 2. С. 118-129.

2. *Месель-Веселяк В.Я.* Виробництво зернових культур в Україні: потенційні можливості. *Економіка АПК*. 2018. № 5. С. 5-14.

3. *Петриченко В.Ф., Томашук О.В.* Особливості формування показників якості зерна кукурудзи за різних технологій вирощування в Лісостепу Правобережному. *Рослинництво та ґрунтознавство* (Plant and Soil Science). Київ, 2019. Вип. 10. № 2. С. 29-37. https://doi.org/10.31548/agr2019.02.029

4. *Рибалка О.І., Червоніс М.В., Моргун Б.В.* Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистиляційного напряму технологічного використання зерна. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2013. Т. 45. № 1. С. 3-19.

5. *Соколік С.П.* Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біопалива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 173. С. 168-176.

6. *Камінський В.Ф., Сайко В.Ф., Душко М.В., Асанішвілі Н.М. та ін.* Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: монографія. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2017. 580 с.

7. *Мазур В.А., Шевченко М.*В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 6 (1). С. 7-13.

8. *Бикін А.В., Тарасенко О.В.* Вплив удобрення на продуктивність кукурудзи на зерно за прямої сівби. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2014. № 3. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_3_11.

9. *Прядкіна Г.О., Михальська Л.М., Швартау В.В.* Крохмаль у зерні кукурудзи як сировина для виробництва біоетанолу. Біоенергетика. 2013. № 2. С. 40-41.

10. *Павлов А.Н.* Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. Москва: Наука, 1967. 339 с.

References

1. Shubravska O.V., Prokopenko K.O. Rozvytok ahrarnoho rynku Ukrainy v umovakh dii innovatsiinykh chynnykiv [Development of the agricultural market of Ukraine in the conditions of action of innovative factors]. Ekonomika i prohnozuvannia [Economics and forecasting], 2011, no. 2, pp. 118-129 [in Ukrainian].

2. Mesel-Veseliak V.Ia. Vyrobnytstvo zernovykh kultur v Ukraini: potentsiini mozhlyvosti [Cereal production in Ukraine: potential opportunities]. Ekonomika APK [Economics of agro-industrial complex], 2018, no. 5, pp. 5-14 [in Ukrainian].

3. Petrychenko V.F., Tomashuk O.V. Osoblyvosti formuvannia pokaznykiv yakosti zerna kukurudzy za riznykh tekhnolohii vyroshchuvannia v Lisostepu Pravoberezhnomu [Features of formation

of indicators of quality of corn grain at various technologies of cultivation in the Forest-steppe of the Right bank]. Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo [Plant and Soil Science], Kyiv, 2019, Issue 10, no. 2, pp. 29-37. Available at: https://doi.org/ 10.31548/agr2019.02.029 [in Ukrainian].

4. Rybalka O.I., Chervonis M.V., Morhun B.V. Henetychni ta selektsiini kryterii stvorennia sortiv zernovykh kultur spyrto-dystyliatsiinoho napriamu tekhnolohichnoho vykorystannia zerna [Genetic and selection criteria for the creation of varieties of grain crops of alcohol-distillation direction of technological use of grain]. Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rastieniy [Physiology and biochemistry of cultivated plants]. 2013, Vol. 45, no. 1, pp. 3-19 [in Ukrainian].

5. Sokolik S.P. Perspektyvy vykorystannia kukurudzy na zerno v yakosti biopalyva [Prospects for the use of corn for grain as a biofuel]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka [Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture]. 2016, Issue 173, pp. 168-176 [in Ukrainian].

6. Kaminskyi V.F., Saiko V.F., Dushko M.V., Asanishvili N.M. et al. (2017). Naukovi osnovy efektyvnosti vykorystannia vyrobnychykh resursiv u riznykh modeliakh tekhnolohii vyroshchuvannia zernovykh kultur: monohrafiia [Scientific bases of efficiency of production resources use in various models of grain crops cultivation technologies: monograph]. Kyiv, Vydavnychyi dim «Vinichenko», 580 p. [in Ukrainian].

7. Mazur V.A., Shevchenko M.V. Vplyv tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia na formuvannia yakisnykh pokaznykiv zerna kukurudzy [Influence of technological methods of cultivation on the formation of quality indicators of corn grain]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and forestry], 2017, no. 6 (1), pp. 7-13 [in Ukrainian].

8. Bykin A.V., Tarasenko O.V. Vplyv udobrennia na produktyvnist kukurudzy na zerno za priamoi sivby [Influence of fertilizer on corn productivity on grain at direct sowing]. Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine], 2014, no. 3. Available at: URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_3_11 [in Ukrainian].

9. Priadkina H.O., Mykhalska L.M., Shvartau V.V. Krokhmal u zerni kukurudzy yak syrovyna dlia vyrobnytstva bioetanolu [Starch in corn grain as a raw material for bioethanol production]. Bioenerhetyka [Bioenergy], 2013, no. 2, pp 40-41 [in Ukrainian].

10. Pavlov A.N. (1967). Nakopleniye belka v zerne pshenitsy i kukuruzy [Accumulation of protein in wheat and corn grains]. Moskva, Nauka, 339 p. [in Russian].

Kaminskyi V. F, Asanishvili N. M., Formation of corn grain quality in different directions of use depending on the technology of growing in the Forest-steppe

Purpose. The aim of the research conducted during 2016-2019 was to determine the impact of technological methods on the indicators of corn grain quality to optimize the elements of growing technology depending on the directions of use in conditions of the Forest-Steppe natural zone of Ukraine. **Methods** – field, quantitative and weight, chemical, comparative and calculation, mathematical and statistical. **Results.** On the results of the research, dependences of formation of quality of grain on the content of protein, starch, fat in it and correlation dependencies between these indicators and yield of corn have been revealed. The best quality of grain of a forage and food direction is formed when applying high doses of mineral fertilizers, and for processing on bioethanol the optimal content of starch and protein is guaranteed at optimum and raised level of fertilizing. It was established that the content of protein, starch and fat had less effect on their yield from 1 hectare than the general yield level. The technologies of cultivation of different intensity as to their possible application for the production of grain of different directions of use with the given quality parameters, the yield of protein, starch, fat and bioethanol have been evaluated. **Conclusions.** The technology of corn growing with complex application of intensification elements in conditions of the Forest-Steppe zone, which includes introduction of $N_{240}P_{120}K_{240}$ on the background of by-products of its predecessor, application of the soil and insurance herbicide, plant growth and micro-fertilizers is suitable for fodder and food purposes and ensured the yield of 12.1 t/ha of grain with protein content and yield – 10.56% and 1.28 t/ha, fat – 4.29% and 0.52 t/ha, starch – 71.27% and 8.62 t/ha. For processing on bioethanol effective is the technology of corn growing with the introduction of $N_{180}P_{120}K_{180}$, by-products of the predecessor, soil herbicide and bio-stimulants, which provided a yield of 9.76 t/ha of grain with a starch content of 72.26% for the yield of 7.05 t/ha and yield of bioethanol at the

level of 3982 l/ha.

Key words: *corn, growing technology, grain quality, yield, protein, starch, fat, bioethanol.*

Kaminsky Viktor F., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the NAAS of Ukraine, Director of the National Research Center "Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine", Kyiv, e-mail: kamin.60@ukr.net, ORCID iD https://orcid.org/0000-0002- 9668-6742
Asanishvili Nadiya M, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Scientific Secretary of the National , Research Center "Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine", Kyiv, e-mail:nadia-asanishvili@ukr.net, ORCID iD https://orcid.org/0000 -0002-2782-4785

Каминский В. Ф., Асанишвили Н. Н. Формирование качества зерна кукурузы разных направлений использования в зависимости от технологии выращивания в Лесостепи

Целью исследований, проведенных в течение 2016-2019 гг. было установление влияния технологических приёмов на показатели качества зерна кукурузы для оптимизации элементов технологии выращивания культуры в зависимости от направлений использования в условиях Лесостепи. **Методы** –полевой, количественно-весовой, химический, сравнительно-расчётный, математико-статистический. **Результаты.** В результате исследований выявлены зависимости формирования качества зерна по содержанию в нём протеина, крахмала, жира и установлены корреляционные связи между этими показателями и урожайностью кукурузы. Лучшее качество зерна кормового и продовольственного направления формируется при внесении высоких доз минеральных удобрений, а для переработки на биоэтанол по соотношению содержания протеина и крахмала гарантировано обеспечивается при оптимальном и повышенном удобрении. Установлено, что содержание протеина, крахмала и жира меньше влияло на их сбор с 1 га посева, чем уровень урожайности. Произведена оценка технологий выращивания различной интенсивности относительно возможности их применения для производства зерна разных направлений использования с заданными параметрами качества, сбором протеина, крахмала, жира и выходом биоэтанола. **Выводы.** Технология выращивания кукурузы с комплексным применением элементов интенсификации в условиях Лесостепи, предусматривающая внесение $N_{240}P_{120}K_{240}$ на фоне побочной продукции предшественника, применение почвенного и страхового гербицида, стимуляторов роста растений и микроудобрений пригодна на кормовые и продовольственные цели и обеспечила урожайность на уровне 12,1 т/га зерна с содержанием и сбором протеина – 10,56% и 1,28 т/га, жира – 4,29% и 0,52 т/га, крахмала 71,27% и 8,62 т/га. Для переработки на биоэтанол эффективной является технология выращивания кукурузы с внесением $N_{180}P_{120}K_{180}$, побочной продукции предшественника, почвенного гербицида и биостимуляторов, обеспечивающая урожайность 9,76 т/га зерна с содержанием крахмала 72,26% при его сборе 7,05 т/га и выходе биоэтанола на уровне 3982 л/га.

Ключевые слова*: кукуруза, технология выращивания, качество зерна, урожайность, протеин, крахмал, жир, биоэтанол.*

Каминский Виктор Францевич, д.с.-х.н., профессор, академик НААН, директор Национального научного центра «Институт земледелия Национальной академии аграрных наук Украины», г. Киев, e-mail: kamin.60@ukr.net, ORCID iD https://orcid.org/0000-0002- 9668-6742
Асанишвили Надежда Николаевна, к.с.-г.н., с.н.с., учёный секретарь Национального научного центра «Институт земледелия Национальной академии аграрных наук Украины», г. Киев,
e-mail: nadia-asanishvili@ukr.net, ORCID iD https://orcid.org/0000 -0002-2782-4785

Стаття надійшла до редакції:10.07.2020
Фахове рецензування: 22.07.2020

Бібліографічний опис для цитування:
Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. Корми і кормовиробництво. 2020. № 89. С. 74-84. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-07