



АГРОНОМІЯ

УДК 633.15: 631.816.11: 631.89
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.22>

ВПЛИВ МІКРОДОБРИВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ КУКУРУДЗИ

П. А. Басюк¹, М. Б. Грабовський²

Визначення якісних показників зеленої маси кукурудзи дозволяє об'єктивно оцінити її поживну та енергетичну цінність для оптимізації раціонів годівлі тварин та є важливим критерієм для оцінювання якості сировини її придатності до силосування та можливих ферментаційних процесів під час зберігання. Метою дослідження було визначення впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на хімічний склад, енергетичну цінність і придатність зеленої маси гібридів кукурудзи до силосування. Застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин впливає на вміст сирого протеїну, сирової клітковини, целюлози та крохмалю в зеленій масі кукурудзи. Не відзначено достовірного впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сирого жиру та відсутній їх вплив на вміст сирової золи. Встановлено високий позитивний зв'язок між вмістом сирого протеїну та крохмалю ($r=0,98$), сирого протеїну та сирого жиру ($r = 0,97$), сирого протеїну і целюлози ($r=0,96$), сирого жиру з вмістом крохмалю і целюлози ($r=0,98$). Застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин сприяло помірно підвищенню вмісту оцтової кислоти та більш активному накопиченню молочної кислоти в зеленій масі кукурудзи. У гібридів Гендальф та Інтелігенс найвищі значення валової та обмінної енергії й нетто-енергії лактації (NEL) отримано на третьому і четвертому варіантах дослідів – 18,79–19,09 МДж/кг, 10,55–10,89 МДж/кг і 6,33–6,54 МДж/кг. При цьому вміст кормових одиниць і енергетичних кормових одиниць зростає лише на 0,01–0,02, порівняно з контролем. За енергетичними характеристиками гібрид Інтелігенс суттєво переважає Гендальф. Кращу придатність зеленої маси кукурудзи до силосування за вмістом цукру, буферною ємністю та відношенням цукру до буферної ємності має гібрид Гендальф. У гібрида Інтелігенс застосування мікродобрив і регуляторів росту забезпечило високий вміст цукру, однак співвідношення з буферною ємністю є низьким, що вимагає більш ретельного контролю ферментаційного процесу під час заготівлі силосу.

Ключові слова: гібрид, хімічний склад, валова енергія, обмінна енергія, нетто-енергія лактації (NEL), кормові одиниці, вміст цукру.

¹ здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності Н1 Агрономія (Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква)
e-mail: pavel.basyk@gmail.com
ORCID: 0000-0000-0547-0854

² доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри рослинництва та цифрових технологій в агрономії
(Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква)
e-mail: nikgr1977@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8494-7896

THE INFLUENCE OF MICRONUTRIENT FERTILISERS AND GROWTH REGULATORS ON THE QUALITY PARAMETERS OF CORN GREEN BIOMASS

P. L. Basiuk, M. B. Grabovskyi

Determining the quality parameters of corn green biomass allows for an objective assessment of its nutritional and energy value for optimising animal feeding rations. It also serves as an important criterion for evaluating the quality of raw material, its suitability for ensiling, and the potential fermentation processes during storage. The aim of this study was to assess the influence of micronutrient fertilisers and plant growth regulators on the chemical composition, energy value, and ensiling suitability of corn hybrids' green biomass. The application of micronutrient fertilisers and plant growth regulators affected the content of crude protein, crude fibre, cellulose, and starch in the corn green biomass. No significant impact was observed on the crude fat content, and no effect was found on the crude ash content. A strong positive correlation was established between crude protein and starch content ($r = 0.98$), crude protein and crude fat ($r = 0.97$), crude protein and cellulose ($r = 0.96$), as well as between crude fat and both starch and cellulose content ($r = 0.98$). The use of micronutrient fertilisers and plant growth regulators moderately increased acetic acid content and more significantly stimulated lactic acid accumulation in the corn green biomass. For the hybrids Gendalf and Intelligence, the highest values of gross energy, metabolizable energy, and net energy for lactation (NEL) were recorded in the third and fourth experimental variants – 18.79–19.09 MJ/kg, 10.55–10.89 MJ/kg, and 6.33–6.54 MJ/kg, respectively. At the same time, the content of feed units and energy feed units increased only slightly by 0.01–0.02 compared to the control. In terms of energy characteristics, the Intelligence hybrid significantly outperformed Gendalf. However, Gendalf showed better suitability of green biomass for ensiling based on sugar content, buffering capacity, and sugar-to-buffering-capacity ratio. While the use of micronutrient fertilisers and growth regulators in the Intelligence hybrid ensured a high sugar content, the sugar-to-buffering-capacity ratio was low, requiring more precise control of the fermentation process during silage preparation.

Key words: hybrid, chemical composition, gross energy, metabolizable energy, net energy for lactation (NEL), feed units, sugar content.

Вступ

Світові площі кукурудзи (*Zea mays* L.) (на зерно та силос) становлять 197–210 млн га, особливо збільшившись у країнах Африки, Азії та Латинській Америці (FAOStat, 2021). Ця важлива продовольча культура в цих країнах забезпечує понад 20% продовольства для людей (Shiferaw et al., 2011). Порівняно з пшеницею та рисом кукурудза є більш універсальною й багатоцільовою культурою. У розвинених країнах вона переважно використовується як кормова культура для худоби, а також відіграє важливу роль як промислова та енергетична сировина. Із розвитком економіки, зокрема зростанням доходів і урбанізацією, споживання продуктів тваринного походження прискорюється, що стимулює попит на кукурудзу як кормову культуру (Erenstein, 2010). Таким чином, кукурудза відіграє різноманітну та динамічну роль у глобальних агропродовольчих системах та продовольчій безпеці (Grote et al., 2021; Poole et al., 2021; Ranum et al., 2014).

Кукурудзяний силос є основним джерелом корму для жуйних тварин у регіонах, де кукурудза добре адаптована. Це високоенергетичний, малопротеїновий корм, який зазвичай використовується для вирощу-

вання та відгодівлі м'ясної худоби, як додаткове джерело енергії для корів та телят, для вирощування молочних телиць, а також для лактуючих молочних корів і досить часто поєднується з високопротеїновими кормами, як-от люцерна. Заготівля та оброблення кукурудзяного силосу є високо механізованими, що дозволяє зменшити витрати на оплату праці, адже його збирають один раз на рік, на відміну від багаторічних кормів, які потребують кількох укосів (Allen et al., 2003). Кукурудза має високу врожайність за різних екологічних умов (Khan et al., 2015). Однак поживна якість цього корму залежить від багатьох факторів, зокрема таких, як генотип, густота рослин, умови росту, період збирання та вологість (Mandić et al., 2018). Збільшення продуктивності кормів у сухій речовині без зниження якості є визначальним фактором ефективного виробництва молока (Zaragoza et al., 2019).

Широке використання кукурудзи для виготовлення силосу зумовлене передусім її хімічним складом, який відповідає вимогам до виробництва якісного силосу. Силос кукурудзи має низьку буферну здатність і достатній рівень розчинних вуглеводів, що забезпечує збереження цього корму з високою якістю тривалий період (Araújo et al.,

2012; Грабовський та ін., 2020). Широке використання кукурудзяного силосу фермерами зумовлене низкою факторів, зокрема нижчими витратами на збирання врожаю, зменшенням виробничих ризиків, підвищеною врожайністю та гнучкістю у виборі строків збирання (Allen et al., 2003).

Виробники кукурудзи на силос, які прагнуть підвищити поживну цінність кормів, останнім часом впроваджують сучасні технологічні досягнення. Це охоплює як збір даних про врожайність і поживні характеристики зеленої маси, так і вдосконалення процесів та обладнання, що дає змогу виробляти силос із цілої рослини або окремих її фракцій (наприклад, подрібнення, снєплаж, топлаж) (Ferraretto et al., 2018).

Незважаючи на досить широке поширення і значення кукурудзи, існує потреба в подальших дослідженнях для визначення ролі кукурудзи в забезпеченні продовольчої безпеки, а також для сталого посилення виробництва її як кормової культури (Erenstein et al., 2022).

Метою дослідження є визначення впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на хімічний склад, енергетичну цінність і придатність зеленої маси гібридів кукурудзи до силосування.

Матеріал і методи

Дослідження проводилися у 2023–2024 рр. у СФГ «Чайка-2» Броварського району Київської області за такою схемою: Фактор А. Гібриди кукурудзи. 1. Гендальф (ФАО 250) 2. Інтелігенс (ФАО 380). Фактор В. Мікродобрива та регулятори росту рослин. 1. Контроль (обприскування водою); 2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи; 3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи; 4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи. Розміщення варіантів у досліді – систематичне послідовне. Повторність досліді – чотириразова. Посівна площа ділянки – 30 м², облікова – 25,2 м². Дослідження проводили згідно з методичними рекомендаціями (Лебідь, 2008; Мойсейченко і Єщенко, 1994).

Відбір зразків кукурудзи для визначення хімічного складу проводили перед збиранням у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85).

Визначення хімічних показників якості зеленої маси гібридів кукурудзи проводили в лабораторії «Eurofins Agro» (м. Київ) (Дехтяр та ін., 2003). Визначення вмісту сирого протеїну проводилося за методикою К'ельдаля (ДСТУ ISO 6492–2003, 2003), сирого жиру (ДСТУ ISO 6492–2003, 2003); визначення сирієї клітковини (ДСТУ ISO 6865:2004, 2006); сирієї золи (ДСТУ ISO 5984:2004, 2005); вмісту крохмалю (ДСТУ 46.045:2003, 2003).

Валову енергію сухої речовини зеленої маси кукурудзи визначали за формулою (МДж/кг) (Дехтяр, 2014):

$$BE = SP \times 23,9 + SJ \times 39,8 + BER \times 17,2 + SK \times 17,2,$$

де СП – вміст сирого протеїну

СЖ – вміст сирого жиру

БЕР – безазотисті екстрактивні речовини

СК – вміст сирієї клітковини.

Обмінну енергію сухої речовини зеленої маси кукурудзи визначали за вмістом сирих поживних речовин за рівнянням Аксельсона (МДж/кг) (Костенко та ін., 2008):

$$OE = 0,73 \times BE \times (1 - K \times 1,05),$$

де К – кількість клітковини в 1 кг сухої речовини, кг;

0,73 – коефіцієнт обмінності;

1,05 – коефіцієнт депресивної дії клітковини.

Оцінювання енергетичної та протеїнової поживності кормів у системі NEL передбачає, що 57–60% обмінної енергії використається для продукції молока. Знаючи кількість обмінної енергії, можна розрахувати значення NEL за формулою (МДж/кг):

$$NEL = 0,6 \times OE$$

За 1 енергетичну кормову одиницю (ЕКО) прийнято вважати вміст у кормі 10 000 кДж або 10 МДж обмінної енергії. Поживність об'ємистих кормів для жуйних тварин в ЕКО за обмінною енергією вище, ніж у вівсяних кормових одиницях, а концентрованих кормів і коренебульбоплодів – вище для свиней (Дехтяр, 2014).

Агротехніка вирощування кукурудзи на силос була загальноприйнятою для умов Лісостепу України, крім факторів, що були поставлені на вивчення. Сівбу гібридів кукурудзи проводили у 3-й декаді квітня за температури ґрунту на глибині загортання насіння 8–10 °С. Перед сівбою на всіх варіантах досліді вносили N₉₀P₆₀K₆₀ (аміачна селітра + діаміфоска). Мікродобрива та регулятори росту рослин застосовували шляхом позакоренових підживлень рослин

кукурудзи у фазі 3–5 (ВВСН 13–16) і 6–8 листків (ВВСН 17–18).

Результати

Результатами проведених лабораторних аналізів встановлено, що вміст сирого протеїну в зеленій масі гібридів кукурудзи коливався залежно від біологічних особливостей гібридів і застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. У гібридів Гендальф і Інтелігенс максимальний вміст сирого протеїну (7,68 і 9,23%) спостерігався на третьому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи) (табл. 1). Приріст до контролю становив 0,41 і 0,59%, що перевищувало величину $НІР_{05}$ для фактора В (0,06%).

У досліджуваних гібридів у разі використання позакореневих підживлень вміст сирого жиру збільшився на 0,04–0,13 і 0,05–0,10%, відносно контролю. Найвищі значення цього показника (2,36 і 2,54%)

отримано на четвертому варіанті (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи), відповідно, у гібридів Гендальф і Інтелігенс. При цьому достовірної різниці між варіантами із застосуванням мікродобрив і регуляторів росту не відмічено ($НІР_{05}=0,06$). Невелике підвищення вмісту жиру в зеленій масі кукурудзи зумовлене активізацією ліпідного обміну під впливом мікроелементів (цинк, мідь) і регуляторів росту, які стимулюють синтез жирних кислот і формування клітинних мембран.

Вміст сирої клітковини в гібридів Гендальф і Інтелігенс на контрольному варіанті становив 24,78 і 23,92% та зростав у разі використання мікродобрив та регуляторів росту рослин на 0,36–0,70%. Проте не спостерігалось достовірної різниці між 2–4 варіантами досліду ($НІР_{05}=0,12$). Але встановлено загальну тенденцію до

Таблиця 1

Хімічний склад зеленої маси гібридів кукурудзи у фазу воскової стиглості зерна (середнє за 2023–2024 рр.), % абсолютно сухої речовини

Гібрид (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)*	Сирий протеїн	Сирий жир	Сира клітковина	Сира зола	Крокмаль	Целюлоза
Гендальф	1	7,27	2,23	24,78	4,56	33,21	27,33
	2	7,39	2,27	25,44	4,51	33,78	27,75
	3	7,68	2,32	25,47	4,62	34,20	27,86
	4	7,57	2,36	25,26	4,60	34,11	27,98
Інтелігенс	1	8,64	2,44	23,92	4,42	34,92	28,34
	2	8,97	2,49	24,48	4,50	35,67	28,87
	3	9,23	2,51	24,62	4,48	35,88	29,06
	4	9,08	2,54	24,51	4,53	35,71	29,23
$НІР_{05}$, для	А	0,15	0,08	0,21	0,07	0,24	0,18
	В	0,06	0,06	0,12	0,06	0,09	0,07
	АВ	0,23	0,15	0,35	0,15	0,34	0,25

*Примітка. Тут і далі в таблицях 1. Контроль (обприскування водою) 2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи 3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи 4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи

підвищення утворення клітковини під впливом мікродобрив і регуляторів росту, що впливає на динаміку наростання вегетативної маси та формування більш щільної структури стебел.

Не відмічено впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сирової золи в зеленій масі кукурудзи. У гібрида Гендальф показник коливався від 4,51% (контроль) до 4,62% (третій варіант досліду), а в Інтелігенс – від 4,42% (контроль) до 4,53% (четвертий варіант досліду).

Більш суттєвим був вплив позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин на вміст крохмалю. Так, у гібридів Гендальф і Інтелігенс максимальні значення цього показника (34,20 і 35,88%) отримані на третьому варіанті досліду. Загалом, збільшення вмісту крохмалю в зеленій масі кукурудзи становило 0,57–0,99% порівняно з контролем, що свідчить про посилення синтезу вуглеводів і накопичення запасних речовин у фазу воскової стиглості зерна за проведення позакоренових підживлень.

Найвищий вміст целюлози у гібридів Гендальф і Інтелігенс отримано на четвертому варіанті досліду (27,98 і 29,23%), що на 0,65 і 0,89% більше порівняно з контролем. Збільшення вмісту целюлози в зеленій масі кукурудзи під впливом мікродобрив та регуляторів росту пояснюється тим, що цинк і бор активують ферменти, відповідальні за біосинтез клітинної стінки, сприяючи нагромадженню целюлозних компонентів у стеблах і листках кукурудзи.

Між вмістом поживних речовин у зеленій масі кукурудзи встановлено тісні статистичні взаємозв'язки. Найтісніший позитивний взаємозв'язок виявлено між вмістом сирового протеїну та крохмалю ($r = 0,98$), що вказує на синхронне накопичення азотних і вуглеводних сполук (табл. 2).

Подібна тенденція спостерігається і між вмістом сирового протеїну та сирового жиру ($r = 0,97$), а також між вмістом сирового протеїну і целюлози ($r = 0,96$). Вміст сирового

жиру також демонструє високу позитивну кореляцію з вмістом крохмалю і целюлози ($r = 0,98$), що свідчить про загальну інтенсифікацію енергетичних процесів у клітинах рослин. Натомість спостерігається негативний зв'язок між вмістом сирового жиру і клітковини ($r = -0,60$). Вміст сирової клітковини має негативний обернено пропорційний зв'язок із вмістом сирового протеїну ($r = -0,70$) і вмістом крохмалю ($r = -0,57$), що свідчить про зворотну динаміку між накопиченням запасних і структурних сполук.

Вміст оцтової кислоти в зеленій масі кукурудзи в гібрида Гендальф коливалися в межах 16,0–17,2 г/кг, з максимальним значенням на четвертому варіанті, а в гібрида Інтелігенс – від 18,2 до 19,6 г/кг із найвищим показником у третьому варіанті досліду. Достовірного впливу досліджуваних мікродобрив та регуляторів росту на цей показник не виявлено, і вміст оцтової кислоти головно зумовлювався генетичними особливостями гібриду (рис. 1).

Вміст молочної кислоти становив у гібридів Гендальф та Інтелігенс 68,5–71,4 г/кг і 70,5–73,1 г/кг, що свідчить про високу ферментативну якість зеленої маси кукурудзи. У разі застосування мікродобрив і регуляторів росту не відмічено зміни вмісту молочної кислоти, порівняно з контролем.

Важливим показником рослинних кормів є їх енергетична цінність, яка оцінюється за вмістом валової та обмінної енергії, нетто-енергії лактації (NEL), кількістю кормових одиниць (КО) та енергетичних кормових одиниць (ЕКО). На основі аналізу отриманих даних встановлено, що енергетична цінність зеленої маси кукурудзи залежала як від досліджуваних гібридів, так і проведення позакоренових підживлень мікродобривами і регуляторами росту (табл. 3). У гібридів Гендальф і Інтелігенс показники валової енергії мали мінімальні значення на контролі (18,58 і 18,85 МДж/кг), досягаючи максимуму на четвертому варіанті досліду (18,84 і 19,14 МДж/кг). Зростання валової енергії зумовлено дією мікродобрив

Таблиця 2
Кореляційні залежності між вмістом поживних речовин у зеленій масі кукурудзи

Показники	Сирий жир	Сира клітковина	Сира зола	Крохмаль	Целюлоза
Сирий протеїн	0,97	-0,70	-0,60	0,98	0,96
Сирий жир	–	-0,60	-0,47	0,98	0,98
Сира клітковина	–	–	0,86	-0,57	-0,53
Сира зола	–	–	–	-0,49	-0,44
Крохмаль	–	–	–	–	0,98

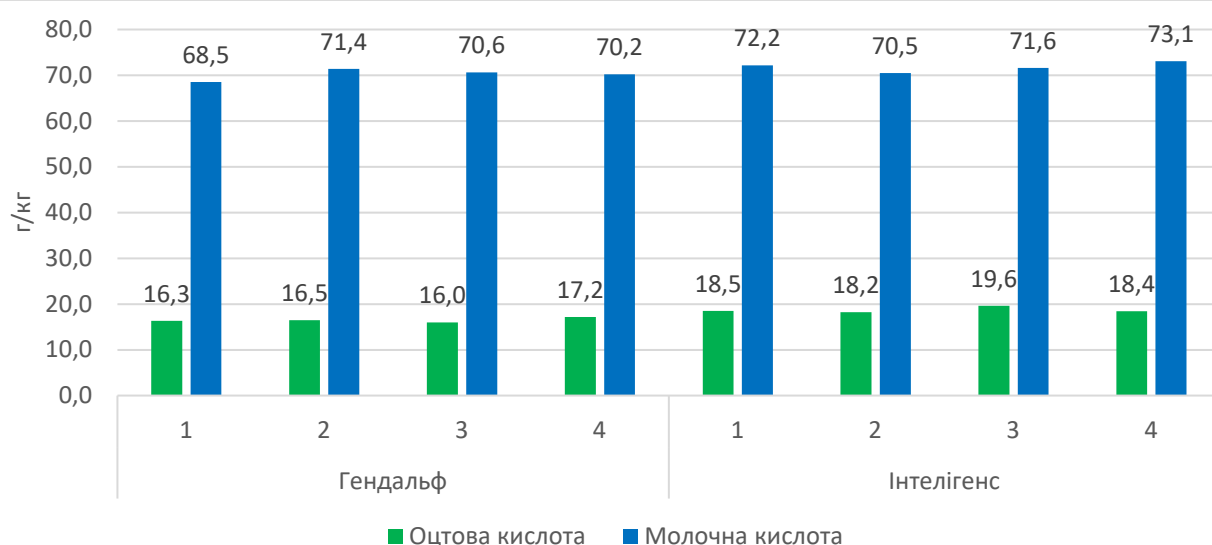


Рис. 1. Вміст оцтової і масляної кислоти в зеленій масі кукурудзи (середнє за 2023–2024 рр.), г/кг

і регуляторів росту, які активізують фотосинтетичну активність рослин, підвищують накопичення вуглеводів і сприяють інтенсивнішому засвоєнню поживних речовин.

У кормовиробництві, крім визначення вмісту валової енергії, важливе значення має оцінювання обмінної енергії – частини загальної енергії корму, яка фізіологічно засвоюється організмом тварини і використовується для підтримання життєвих функцій, росту та відтворення. Для більш точної характеристики енергетичної поживності корму доцільно виражати її на 1 кг сухої речовини, оскільки волога, що міститься в рослинницькій продукції, не має енергетичної цінності для тварини (Сатановська, 2013).

У гібриду Гендальф обмінна енергія була в межах від 10,38 до 10,57 МДж/кг, а у Інтелігенс – від 10,70 до 10,89 МДж/кг. Під час використання мікродобрив і регуляторів росту відмічено зростання обмінної енергії на 0,06–0,20 МДж/кг, порівняно з контролем. Особливо ефективними в підвищенні обмінної енергії виявилися варіанти досліду, які включали препарат Енерджі (1 л/га), що активує ферменти обміну речовин, та препарат Біогумат (0,5 л/га), який стимулює засвоєння азоту.

Показник обмінної енергії зеленої маси силосних і силосно-зернових гібридів кукурудзи майже однаковий, незважаючи на нижчий вміст білка в силосних гібридах. Їх кормова та біологічна цінність вища, зокрема завдяки підвищеному вмісту легко

гідролізованих вуглеводів – крохмалю та цукрів. Структурні вуглеводи в цих гібридах також перерозподілені: більше геміцелюози і менше целюози, порівняно із силосними зерновими (Chornolata et al, 2025).

Однією із сучасних систем енергетичного і білкового оцінювання якості корму, а також потреби дійних корів в енергії та протеїні є система NEL (у перекладі з німецької Netto Energie Lactation – нетто енергія лактації). Дана система визначає ту частину валової енергії (ВЕ) корму, яку корови використовують на виробництво молока і яка може бути відкладена у вигляді запасу жиру. Кількість NEL у кормі залежить від вмісту в ньому обмінної енергії, а також від ступеня її використання (Дехтяр, 2014).

У гібридів Гендальф і Інтелігенс значення NEL на контролі становили 6,23 і 6,42 МДж/кг та підвищувались до 6,31–6,34 МДж/кг і 6,45–6,54 МДж/кг за проведення позакоренових підживлень. Зростання цього показника зумовлено впливом регуляторів росту на формування оптимального вуглеводно-протеїнового балансу і зменшення частки неперетравної клітковини. Між варіантами із застосуванням мікродобрив і регуляторів росту різниці за нетто-енергією лактації не відмічено.

Застосування таких препаратів, як Лінамін, Турбоазот, Біогумат, забезпечує не лише зростання урожайності зеленої маси кукурудзи, але й підвищення вмісту сухої речовини, що має безпосередній вплив на кількість кормових одиниць і енергетичних

Таблиця 3

Енергетична цінність зеленої маси гібридів кукурудзи у фазу воскової стиглості зерна (середнє за 2023–2024 рр.), на 1 кг сухої речовини

Гібрид	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Валова енергія, МДж	Обмінна енергія, МДж	NEI, МДж	Кормових одиниць (КО)	Енергетичних кормових одиниць (ЕКО)
Гендальф	1	18,58	10,38	6,23	1,10	1,04
	2	18,69	10,52	6,31	1,12	1,05
	3	18,84	10,57	6,34	1,12	1,06
	4	18,79	10,55	6,33	1,12	1,05
Інтелігенс	1	18,85	10,70	6,42	1,14	1,07
	2	19,01	10,76	6,45	1,14	1,08
	3	19,14	10,89	6,53	1,16	1,09
	4	19,09	10,89	6,54	1,16	1,09

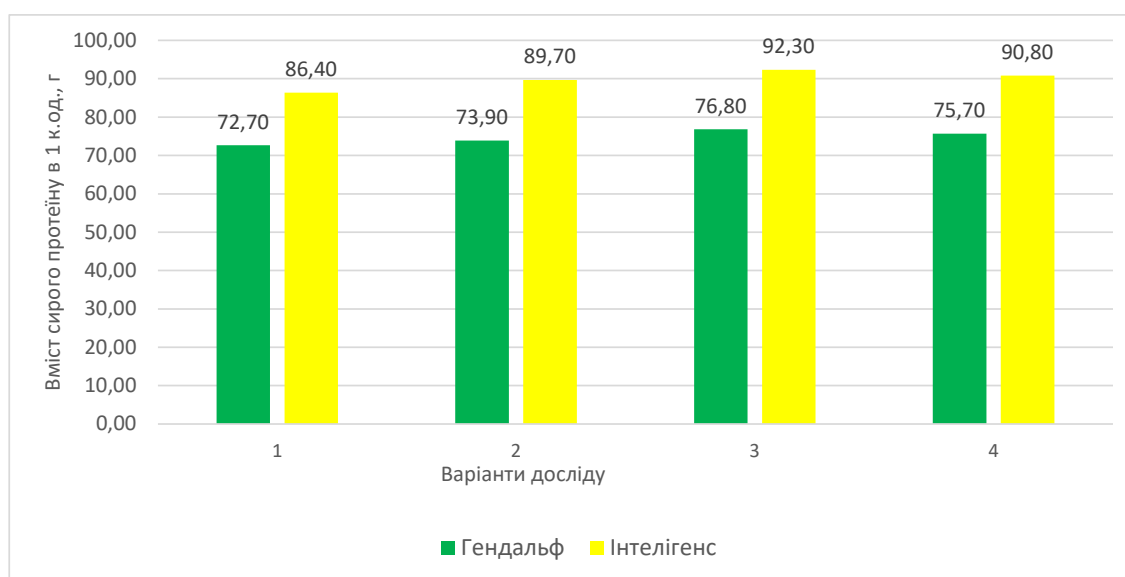


Рис. 2. Забезпеченість 1-ої кормової одиниці сирим протеїном (г) у гібридів кукурудзи

кормових одиниць. Під час використання мікродобрив і регуляторів росту вміст кормових одиниць і енергетичних кормових одиниць у досліджуваних гібридів зростав несуттєво на 0,01–0,02, порівняно з контролем.

За енергетичними характеристиками гібрид Інтелігенс суттєво переважає Гендальф, що робить більш доцільним використання його силосної маси для годівлі високопродуктивної худоби.

Забезпеченість кормової одиниці сирим протеїном є важливим показником збалансованості корму, який свідчить про вміст білка на одиницю енергетичної цінності. Цей показник прямо впливає на ефективність годівлі жуйних тварин, особливо в періоди високої продуктивності (лактації, інтенсивного росту).

Найбільшу забезпеченість 1 кормової одиниці сирим протеїном зеленої маси в гібридів кукурудзи Гендальф та Інтелігенс відмічено у третьому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи) – 76,80 та 92,30 г (рис. 2). Приріст цього показника відносно контрольного варіанту становив 4,10 г і 5,90 г у гібридів Гендальф і Інтелігенс відповідно.

Придатність зеленої маси кукурудзи до силосування визначається вмістом у ній цукру, який забезпечує інтенсивність молочнокислого бродіння та pH середовища. У гібрида Гендальф уміст цукру в сухій речовині становив 10,40–10,75%, а в гібрида Інтелігенс він був вищим 10,60–11,05%. Мікродобрива і стимулятори росту не впли-

Таблиця 4

Придатність зеленої маси гібридів кукурудзи до силосування
(фаза воскової стиглості зерна)

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Цукор, % в сухій речовині	Буферна ємність (Б _ε), % молочної кислоти в сухій речовині	Відношення цукру/буферної ємності
Гендальф	1	10,60	2,18	4,86
	2	10,40	2,22	4,69
	3	10,75	2,30	4,67
	4	10,55	2,27	4,65
Інтелігенс	1	10,90	2,59	4,21
	2	10,60	2,69	3,94
	3	11,05	2,77	3,99
	4	10,85	2,72	3,98

вали на вміст цукру в сухій речовині (табл. 4). Поряд із вмістом цукру важливу роль у процесі силосування відіграє буферна ємність сировини, яка характеризує стійкість маси до зниження рН. У гібрида Гендальф буферна ємність змінювалася від 2,18 до 2,30% молочної кислоти в перерахунку на суху речовину, з найнижчим значенням у контролі. У гібрида Інтелігенс буферна ємність була вищою – 2,59–2,77%.

Для оцінювання придатності рослинної маси до силосування важливим є співвідношення вмісту цукру до буферної ємності. У середньому цей показник має перевищувати значення 4,0, що забезпечує нормальний перебіг молочнокислого бродіння. У гібрида Гендальф відношення цукру до буферної ємності було в межах 4,65–4,86, а у гібрида Інтелігенс це співвідношення було нижчим – 3,94–4,21 через підвищену буферну ємність.

Обговорення

Згідно з результатами, отриманими в Правобережному Лісостепу України, внесення макро- та мікродобрив призводить до зростання вмісту крохмалю, сирого протеїну та целюлози в рослинних зразках кукурудзи по відношенню до варіантів без їх використання. Одночасно зі збільшенням вмісту цих показників спостерігається зниження вмісту клітковини під впливом добрив. У середньостиглих гібридів кукурудзи КВС 381 та Каріфолс був вищим вміст крохмалю, сирого протеїну та жиру порівняно із середньоранніми Амарос і Богатир (Grabovskiy et al., 2023). Водночас за даними Л. Шинкарук і В. Лихочвор, підвищення норм мінерального живлення та проведення підживлень сприяє збільшенню вмісту протеїну в зерні кукурудзи, однак супроводжу-

ється зниженням рівня крохмалю та жиру (Shynkaruk & Lykhochvor, 2021).

Використання стимуляторів росту Авангард Гроу Аміно та Авангард Гроу Гумат в умовах Північного Степу України на кукурудзі забезпечують тенденцію до підвищення вмісту сирого протеїну на 6,42–8,4% та вмісту сирого жиру на 3,53–4,71%, порівняно з контролем (Tsyliuryk et al., 2023).

Поєднання використання передпосівного оброблення насіння зі стимулятором росту та позакоренових підживлень препаратами Емістим С і Еколист багатокомпонентний сприяло зниженню вмісту сирогої клітковини в зеленій масі: від 26,73% до 24,03% в середньораннього гібрида та від 28,18% до 25,08% – у середньостиглого. Вміст сирого жиру та сирого протеїну в обох гібридів порівняно з контролем зростав, тоді як рівень сирогої золи підвищувався незначною мірою. Застосування стимуляторів росту та позакоренових підживлень позитивно вплинуло на кормову продуктивність зеленої маси гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Найвищі показники виходу кормових одиниць (22,85 т/га – у гібрида Білозірський 295 СВ та 22,24 т/га у гібрида Моніка 350 МВ), а також сирого протеїну (2,30 і 2,21 т/га, відповідно) були зафіксовані у варіанті з позакореновим підживленням Емістимом С у поєднанні з Еколистом багатокомпонентним на фоні передпосівного оброблення насіння (Сатановська, 2013).

За результатами досліджень, проведених у Південному Степу України, доведено, що гібридний склад, оброблення насіння та обприскування рослин кукурудзи рідкими комплексними мікродобривами та регуляторами росту позитивно вплинуло на показники якості зерна кукурудзи.

Найбільший вплив на вміст жиру відмічено в разі застосування препарату «Наномікс», що на 0,14% більше за контроль, також вказане оброблення підвищує вміст білка на 0,47% до 9,21%, але при цьому зменшується вміст крохмалю. Найбільше підвищує вміст крохмалю на 0,22% варіант застосування регуляторів росту «Сизам-Нано» + «Грейнактив-С» до 69,42% (Гож, 2016).

Внесення добрив у дозі N_{300} , а частково й N_{200} сприяє зниженню вмісту кислотно-детергентної та нейтрально-детергентної клітковини, водночас підвищуючи концентрацію сирого протеїну порівняно з неудобреними посівами кукурудзи (Lamprey et al., 2018).

Згідно з М. Аріола, врожайність сухої речовини з усієї рослини кукурудзи та перетравної сухої речовини, а також концентрація крохмалю та сухої речовини збільшувалися зі збільшенням дозрівання, тоді як концентрація сирого протеїну, водорозчинних вуглеводів та нейтральної детергентної клітковини зменшувалася в разі використання азотних добрив (Arriola et al., 2012).

Перед сівбою кукурудзи взаємодія між обробленням зерна мікродобривами та рівнем азоту на вміст водорозчинних вуглеводів, сирого білка, кислотного детергентного волокна та загальної золи є значною ($P \leq 0,01$). Загалом, результати показали, що оптимальним компонентом є оброблення препаратом Perko з використанням 240 кг/га азотного добрива (Baghdadi et al., 2017).

Вміст сирого протеїну в зразках кукурудзи становив 8,2–10,6%, сирого жиру – 1,6–2,9%, целюлози – 24,2–29,1% у перерахунку на суху речовину. У рослинах середньостиглих гібридів кукурудзи Крабас, Карпатіс і КВС Акустика був вищим вміст крохмалю, сирого протеїну та жиру порівняно із середньоранніми формами. Показник вмісту крохмалю в зеленій масі середньоранніх і середньостиглих гібридів кукурудзи залежав від генотипових особливостей досліджуваних форм та був у межах 31,3–34,7% і 36,1–39,0% (Павліченко та ін., 2024).

Висновки

Застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин впливає на вміст сирого протеїну, сирого білка, целюлози та крохмалю в зеленій масі кукурудзи. Не відмічено достовірного впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сирого жиру та відсутній їх вплив на вміст сирого білка. Кращі показники хімічного складу

зеленої маси гібридів кукурудзи отримано на третьому (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи) і четвертому варіантах дослідів (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6–8 листків кукурудзи). У гібрида Інтелігенс відмічено вищий вміст сирого протеїну, сирого жиру, сирого білка, целюлози в зеленій масі порівняно з гібридом Гендальф.

Установлено високий позитивний зв'язок між вмістом сирого протеїну та крохмалю ($r = 0,98$), сирого протеїну та сирого жиру ($r = 0,97$), сирого протеїну і целюлози ($r = 0,96$), сирого жиру з вмістом крохмалю і целюлози ($r = 0,98$). Загалом, кореляційні залежності вказують на те, що підвищення вмісту енергетично цінних речовин (сирого жиру, сирого протеїну і крохмалю) супроводжується зниженням рівня клітковини, що є важливим під час оцінювання кормової цінності зеленої маси кукурудзи.

Застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин сприяло помірному підвищенню вмісту оцтової кислоти та більш активнішому накопиченню молочної кислоти в зеленій масі кукурудзи.

Проведення позакореневих підживлень мікродобривами і регуляторами росту впливало на енергетичну цінність зеленої маси гібридів кукурудзи у фазу воскової стиглості зерна. У гібридів Гендальф та Інтелігенс найвищі значення валової та обмінної енергії і нетто-енергії лактації (NEL) отримано на третьому і четвертому варіантах дослідів – 18,79–19,09 МДж/кг, 10,55–10,89 МДж/кг і 6,33–6,54 МДж/кг. При цьому вміст кормових одиниць і енергетичних кормових одиниць зростав лише на 0,01–0,02 порівняно з контролем. За енергетичними характеристиками гібрид Інтелігенс суттєво переважає Гендальф.

Кращу придатність зеленої маси кукурудзи до силосування за вмістом цукру, буферною ємністю та відношенням цукру до буферної ємності має гібрид Гендальф. У гібрида Інтелігенс застосування мікродобрив і регуляторів росту забезпечило високий вміст цукру, однак співвідношення з буферною ємністю є низьким, що вимагає більш ретельного контролю ферментаційного процесу під час заготівлі силосу.

Список використаної літератури

- Гож О.А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та регуляторів росту на зрошуваних землях півдня України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 ; Херсонський державний аграрний університет. Херсон, 2016. 20 с.
- Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Яценко С.А. Застосування препарату Ентеронормін у посівах кукурудзи. АгроТерра. 2020. № 1(8). С. 49–56.
- Дехтяр З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.К. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2003. 320 с.
- Дехтяр Ю.Ф. Годівля тварин і технологія кормів : курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2014. 129 с.
- ДСТУ 46.045:2003. Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 20 с.
- ДСТУ ISO 5983–2003. Визначення вмісту азоту і обчислення вмісту сирого білка методом К'ельдаля. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 18 с.
- ДСТУ ISO 5984:2004. Визначення вмісту сирової золи. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 4 с.
- ДСТУ ISO 6492–2003. Визначення вмісту жиру. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 19 с.
- ДСТУ ISO 6865:2004. Визначення вмісту сирової клітковини методом проміжного фільтрування (ISO 6865:2000, IDT). Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 14 с.
- Костенко В.М., Панько В.В., Сироватко К.М. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин. Частина I «Хімічний склад, оцінка поживності та якості кормів». Вінниця : РВВ ВДАУ, 2008. 141 с.
- Лебідь Є.М. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою : методичні рекомендації. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
- Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вища школа, 1994. 334 с.
- Павліченко К.В., Грабовський М.Б., Німенко С.С. Оцінка гібридів кукурудзи за якісними показниками зеленої маси. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур», с. Центральне, 19 квітня 2024 р. : МІП ім. В. Я. Ремесла. С. 124.
- Сатановська І.П. Використання регуляторів росту та хелатних добрив при формуванні продуктивності різностиглих гібридів кукурудзи на силос. Корми і кормовиробництво. 2013. Вип. 76. С. 218–224.
- Allen M.S., Coors J.G., Roth G.W. Corn silage. Silage science and technology. 2003. Vol. 42. P. 547–608. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c12>.
- Araújo K.G., Villela S.D.J., Leonel F.D.P., Costa P.M., Fernandes L.D.O., Tamy W.P., Andrade V.R. Yield and quality of silage of maize hybrids. Revista Brasileira de Zootecnia. 2012. Vol. 41. P. 1539–1544. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000600031>.
- Arriola K.G., Kim S.C., Huisden C.M., Adesogan A.T. Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: 1. Effects on dry matter yield, nutritional value, fermentation characteristics, and aerobic stability of silage hybrids in Florida. Journal of Dairy Science. 2012. Vol. 95. № 2. P. 964–974. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4524>.
- Baghdadi A., Balazadeh M., Kashani A., Golzardi F., Gholamhoseini M., Mehrnia M. Effect of pre-sowing and nitrogen application on forage quality of silage corn. Agronomy Research. 2017. Vol. 15. № 1. P. 11–23.
- Chornolata L., Zdor L., Lykhach S., Honchar L. Features of the carbohydrate composition of the silage corn hybrids green mass. Feeds and Feed Production. 2025. № 99. P. 171–180. <https://orcid.org/0000-0002-6970-2233>.
- Erenstein O. The evolving maize sector in Asia: Challenges and opportunities. Journal of New Seeds. 2010. Vol. 11. P. 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>.
- Erenstein O., Jaleta M., Sonder K., Mottaleb K., Prasanna B. M. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. Food Security. 2022. Vol. 14. № 5. P. 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>.
- FAOStat. FAO, Rome. 2021. URL: <http://www.fao.org/faostat> (дата звернення 10.07.2025)
- Ferraretto L.F., Shaver R.D., Luck B.D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101. № 5. P. 3937–3951. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13728>.

Grabovskiy M., Kucheruk P., Pavlichenko K., Roubik H. Influence of macronutrients and micronutrients on maize hybrids for biogas production. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. Vol. 30. P. 70022–70038. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27235-3>.

Grote U., Fasse A., Nguyen T., Erenstein O. Food security and the dynamics of wheat and maize value chains in Africa and Asia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 4. 617009. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.617009>.

Khan N.A., Yu.P., Ali M., Cone J.W., Hendriks W.H. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015. Vol. 95. № 2. P. 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>.

Lampsey S., Yeboah S., Li L. Response of maize forage yield and quality to nitrogen fertilization and harvest time in semi-arid Northwest China. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*. 2018. Vol. 1. № 2. P. 1–10. <https://doi.org/10.9734/AJRAF/2018/40968>.

Mandić V., Bijelić Z., Krnjaja V., Simić A., Petričević M., Mičić N., Caro P. V. Effect of harvesting time on forage yield and quality of maize. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2018. Vol. 34. № 3. P. 345–353. <https://doi.org/10.2298/BAH1803345M>.

Poole N., Donovan J., Erenstein O. Agri-nutrition research: Revisiting the contribution of maize and wheat to human nutrition and health. *Food Policy*. 2021. Vol. 100. 101976. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101976>.

Ranum P., Peña-Rosas J.P., Garcia-Casal M.N. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014. Vol. 1312. P. 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>.

Shiferaw B., Prasanna B., Hellin J., Banziger M. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*. 2011. Vol. 3. P. 307–327. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5>.

Shynkaruk L., Lykhochvor V. Influence of fertilization and foliar feeding on maize grain qualitative indicators. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11. № 6. P. 113–116. https://doi.org/10.15421/2021_232.

Tsilyuryk O., Izhboldin O., Sologub I. Efficiency of growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. № 10. P. 59–67. <https://doi.org/10.48077/scihor10.2023.59>.

Zaragoza E.J., Tadeo R.M., Espinosa C.A., López L.C., García E.J.C., Zamudio G.B., Turrent F.A., Rosado N.F. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2019. Vol. 10. № 1. P. 101–111. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1403>.

References

Gozh, O.A. (2016). *Produktyvnist' hibrydiv kukurudzy zalezno vid mikrodobryv ta rehuljatoriv rostu na zroshuvanykh zemliakh pivdnia Ukrainy* [Productivity of corn hybrids depending on micronutrients and growth regulators on irrigated lands of southern Ukraine] (Author's abstract of the PhD dissertation). Kherson State Agrarian University, 20 [in Ukrainian].

Grabovskiy, M.B., Grabovska, T.O., & Yashchenko, S.A. (2020). Zastosuvannia preparatu Enteronormin u posivakh kukurudzy [Application of the drug Enteronormin in corn crops]. *AhroTerra* [AhroTerra], 1(8), 49–56 [in Ukrainian].

Hrytsaienko, Z.M., Hrytsaienko, A.O., & Karpenko, V.K. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen' roslin i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv : ZAT "Nichlava" [in Ukrainian].

Dekhtiar, Yu.F. (2014). *Hodivlia tvaryn i tekhnolohiia kormiv: kurs lektsii* [Animal feeding and feed technology: lecture course]. Mykolaiv : MNAU [in Ukrainian].

DSTU 46.045:2003. (2003). *Zerno. Metody vyznachennia umovnoi krokhmalystosti* [Grain. Methods for determining conditional starch content]. Kyiv : State Consumer Standards Ukraine [in Ukrainian].

DSTU ISO 5983–2003. (2003). *Vyznachennia vmistu azotu i obchyslennia vmistu syroho bilka metodom Kjeldalia* [Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content by the Kjeldahl method]. Kyiv : State Consumer Standards Ukraine [in Ukrainian].

DSTU ISO 5984:2004. (2005). *Vyznachennia vmistu syroi zoly* [Determination of crude ash content]. Kyiv : State Consumer Standards Ukraine [in Ukrainian].

DSTU ISO 6492–2003. (2003). Vyznachennia vmistu zhyru [Determination of fat content]. Kyiv : State Consumer Standards Ukraine [in Ukrainian].

DSTU ISO 6865:2004. (2006). Vyznachennia vmistu syroi klitkovyny metodom promizhnoho fil'truvannia (ISO 6865:2000, IDT) [Determination of crude fiber content by intermediate filtration method]. Kyiv : State Consumer Standards Ukraine [in Ukrainian].

Kostenko, V.M., Panko, V.V., & Syrovatko, K.M. (2008). Praktykum z hodivli sil's'kohospodars'kykh tvaryn. Chastyna I "Khimichni sklad, otsinka pozhyvnosti ta iakosti kormiv" [Workshop on feeding of farm animals. Part I "Chemical composition, nutritional assessment and feed quality"]. Vinnytsia : RVV VDAU [in Ukrainian].

Lebid, Ye.M. (2008). Metodyka provedennia pol'ovykh doslidzhen' z kukurudzoiu: metodychni rekomendatsii [Methodology for conducting field experiments with corn: methodological recommendations]. Dnipro [in Ukrainian].

Moiseichenko, V.F., & Yeshchenko, V.O. (1994). Osnovy naukovykh doslidzhen' v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv : Vyshcha shkola [in Ukrainian].

Pavlichenko, K.V., Grabovskyi, M.B., & Nimenko, S.S. (2024). Otsinka hibrydiv kukurudzy za iakisnymi pokaznykami zelenoi masy [Evaluation of corn hybrids based on the quality indicators of green mass]. In Materialy XII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh i spetsialistiv "Selektsiia, henetyka ta tekhnolohii vyroshchuvannia sil's'kohospodars'kykh kul'tur", s. Tsentralne, 19 kvitnia 2024 r. (p. 124). MIP im. V. Ya. Remesla [in Ukrainian].

Satanovska, I.P. (2013). Vykorystannia rehuljatoriv rostu ta khelatnykh dobryv pry formuvanni produktyvnosti riznostyhykh hibrydiv kukurudzy na sylos [Use of growth regulators and chelated fertilizers in the formation of productivity of differently maturing corn hybrids for silage]. Kormy i kormovyrobnytstvo [Feeds and Feed Production], 76, 218–224 [in Ukrainian].

Allen, M.S., Coors, J.G., & Roth, G.W. (2003). Corn silage. Silage science and technology, 42, 547–608. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c12> [in English].

Araújo, K.G., Villela, S.D.J., Leonel, F.D.P., Costa, P.M., Fernandes, L.D.O., Tamy, W. P., & Andrade, V. R. (2012). Yield and quality of silage of maize hybrids. Revista Brasileira de Zootecnia, 41, 1539–1544. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000600031> [in English].

Arriola, K.G., Kim, S.C., Huisden, C.M., & Adesogan, A.T. (2012). Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: 1. Effects on dry matter yield, nutritional value, fermentation characteristics, and aerobic stability of silage hybrids in Florida. Journal of Dairy Science, 95(2), 964–974. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4524> [in English].

Baghdadi, A., Balazadeh, M., Kashani, A., Golzardi, F., Gholamhoseini, M., & Mehrnia, M. (2017). Effect of pre-sowing and nitrogen application on forage quality of silage corn. Agronomy Research, 15(1), 11–23 [in English].

Chornolata, L., Zdor, L., Lykhach, S., & Honchar, L. (2025). Features of the carbohydrate composition of the silage corn hybrids green mass. Feeds and Feed Production, (99), 171–180. <https://orcid.org/0000-0002-6970-2233> [in English].

Erenstein, O. (2010). The evolving maize sector in Asia: Challenges and opportunities. Journal of New Seeds, 11, 1–15. <https://doi.org/10.1080/15228860903517770> [in English].

Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. Food Security, 14(5), 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7> [in English].

FAO Stat. (2021). FAO. Rome. [Electronic resource] URL: <http://www.fao.org/faostat> (access date 10.07.2025) [in English].

Ferraretto, L.F., Shaver, R.D., & Luck, B.D. (2018). Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. Journal of Dairy Science, 101(5), 3937–3951. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13728> [in English].

Grabovskyi, M., Kucheruk, P., Pavlichenko, K., & Roubik, H. (2023). Influence of macronutrients and micronutrients on maize hybrids for biogas production. Environmental Science and Pollution Research, 30, 70022–70038. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27235-3> [in English].

Grote, U., Fasse, A., Nguyen, T., & Erenstein, O. (2021). Food security and the dynamics of wheat and maize value chains in Africa and Asia. Frontiers in Sustainable Food Systems, 4, 617009. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.617009> [in English].

Khan, N.A., Yu, P., Ali, M., Cone, J.W., & Hendriks, W.H. (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(2), 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703> [in English].

Lamptey, S., Yeboah, S., & Li, L. (2018). Response of maize forage yield and quality to nitrogen fertilization and harvest time in semi-arid Northwest China. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 1(2), 1–10. <https://doi.org/10.9734/AJRAF/2018/40968> [in English].

Mandić, V., Bijelić, Z., Krnjaja, V., Simić, A., Petričević, M., Mičić, N., & Caro, P. V. (2018). Effect of harvesting time on forage yield and quality of maize. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34(3), 345–353. <https://doi.org/10.2298/BAH1803345M> [in English].

Poole, N., Donovan, J., & Erenstein, O. (2021). Agri-nutrition research: Revisiting the contribution of maize and wheat to human nutrition and health. *Food Policy*, 100, 101976. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101976> [in English].

Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312, 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396> [in English].

Shiferaw, B., Prasanna, B., Hellin, J., & Banziger, M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, 3, 307–327. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5> [in English].

Shynkaruk, L., & Lykhochvor, V. (2021). Influence of fertilization and foliar feeding on maize grain qualitative indicators. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(6), 113–116. https://doi.org/10.15421/2021_232 [in English].

Tsyliuryk, O., Izhboldin, O., & Sologub, I. (2023). Efficiency of growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(10), 59–67. <https://doi.org/10.48077/scihor10.2023.59> [in English].

Zaragoza, E.J., Tadeo, R.M., Espinosa, C.A., López, L.C., García, E.J.C., Zamudio, G.B., Turrent, F.A., & Rosado, N. F. (2019). Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 101–111. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1403> [in English].

Отримано: 16.07.2025

Прийнято: 02.09.2025

Опубліковано: 17.10.2025

