

УДК 633.15:63181:631.165
DOI: 10.37128/2707-5826-2022-3-7
**ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВИХ
ПІДЖИВЛЕНЬ НА
БІОЕНЕРГЕТИЧНУ
ПРОДУКТИВНІСТЬ
КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО**

Ю. М. ШКАТУЛА,
канд. с.-г. наук доцент
Вінницький національний
аграрний університет
Ю. В. СТОРОЖУК, директор
представництва ТОВ
«ЄВРОБЕКТОР»

Кукурудза належить до культур з високим потенціалом урожайності і залежить від адаптованих до умов регіону технологій. Для формування високого врожаю культура потребує збалансованого живлення. Одним із найбільш ефективних засобів впливу на врожайність і якість зерна кукурудзи є внесення мінеральних добрив. Позакореневі підживлення посівів кукурудзи можуть бути ефективним агротехнічним заходом стимуляції фізіологічних процесів при впливі регуляторів росту на розвиток кукурудзи на початкових етапах, забезпечення рослин мікроелементами протягом вегетації. Дослідженнями встановлено, що наростання листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи істотно збільшувалося з ростом і розвитком рослин і максимальних величин досягала до фази цвітіння з подальшим незначним зменшенням площі листкового апарату у наступні періоди вегетації. Найбільші показники площі листкової поверхні були відмічені на ділянках де вносились позакоренево у фазу 3-5 листочків кукурудзи стимулятор росту Регоплант та мікродобриво Хелатин Цинк. Так, площа листкової поверхні середньораннього гібриду кукурудзи ДКС 3795 становила 0,429 м²/на рослину, що більше ніж на контрольних ділянках на 0,026 м²/на рослину. Відповідно площа листкової поверхні середньостиглого гібриду ДКС-3511 була на рівні 0,467 м²/на рослину, що більше за контрольні ділянки на 0,035 м²/на рослину. Одним зі шляхів підвищення ефективності енерговикористання при виробництві продукції рослинництва є оптимізація технологічних прийомів та збільшення виходу продукції з одиниці площі. Енергетичний аналіз, який є концентрованим вираженням закону збереження та перетворення енергії, дозволяє зробити порівняння енерговитрат та вмісту (надходження) енергії в одержаному врожаї. Витрати енергії на вирощування гібриду кукурудзи 3511 на зерно на контрольних ділянках (без обробки препаратами) зростали до 58,75 ГДж, за внесення мікродобрив і регуляторів росту до 70,52 – 75,31 ГДж. Енергетичний коефіцієнт найвищим був на ділянках де вносились стимулятор росту рослин Регоплант та мікродобриво Хелатин Цинк – 1,94.

Ключові слова: агроценози, технологія, насіння, кукурудза, стимулятори росту, мікродобрива, урожайність.

Табл. 2. Літ. 15.

Постановка проблеми. Серед зернових культур кукурудза найбільш високопродуктивна, яку вирощують для продовольчого, кормового і технічного використання. Зерно кукурудзи стало основною товарною одиницею експортного сегмента зернового ринку України. Кукурудза – культура, що домінує у загальному світовому зерновому виробництві. На загальній площі в 162 млн. га виробляється близько 850 млн. тонн кукурудзи при середній врожайності 5,2 т/га. Виробництво зерна цієї культури в світі за останній період зросло до вказаних рекордних 850 млн. т, 39,0–46,2% її збирається у США, високі валові збори також у Китаї та Бразилії [13].

В Україні кукурудза займає 4,5–5,0 млн. га, що становить майже чверть усіх зернових культур. У зв'язку з розширенням посівних площ під кукурудзою Україна стала важливим експортером зерна кукурудзи, попит на яке невідпинно зростає. Це вимагає переоцінки всіх елементів технології вирощування кукурудзи, з тим щоб суттєво збільшити обсяги виробництва зерна в нашій державі.

На створення 1 тонни зерна і відповідної кількості листкостеблової маси кукурудза споживає із ґрунту та добрив в середньому 24–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору та 25–30 кг калію. Тому для одержання урожаю зерна на рівні 7,0–7,5 т/га з ґрунту вона виносить в середньому 168–225 кг азоту, 70–90 кг фосфору та близько 175–225 кг калію. Таку кількість поживних речовин в доступній рослинам формі, навіть у разі високого рівня родючості, ґрунт забезпечити не може [7].

У зв'язку з високою вартістю мінеральних добрив перед сільськогосподарськими виробниками постає завдання мінімізувати втрати та добитися раціонального використання поживних елементів. Останнім часом все більшого значення набуває застосування в посівах кукурудзи на зерно

мікроелементних хелатних препаратів для регулювання ростових процесів і посилення стійкості рослин до несприятливих гідротермічних умов, підвищення рівня врожайності та якості зерна.

Застосування мікродобрив та стимуляторів росту у рослинництві є невід'ємною складовою сучасних агротехнологій, оскільки вони є важливими компонентами в системі збалансованого живлення рослин. Дані препарати відіграють значну роль в активізації ферментів і фотосинтезу, процесах дихання, вуглеводневого і нуклеїнового обміну, дозволяють значно підвищити стійкість рослин до несприятливих погодних умов, хвороб і шкідників сільськогосподарських культур, підвищують врожай та якість продукції [8].

В теперішніх умовах значної актуальності набуває запровадження екологічно безпечних технологій вирощування зернових культур. Серед складових технологічного регламенту вирощування кукурудзи на зерно за екологічно безпечною технологією важливе значення має застосування біологічних препаратів для стабілізації фізіологічного стану рослин кукурудзи в екстремальних умовах навколишнього середовища, підвищення їх стійкості до ураження патогенними організмами та збільшення їх зернової продуктивності.

Все більшого значення набуває енергетична цінність виробництва рослинної сировини та продукції її переробки. Відомо, що сільськогосподарська продукція рослинного походження є сукупним джерелом енергії, одержаної за рахунок процесу фотосинтезу і витрат енергії на її виробництво. Ефект перетворення останнього виду енергії в енергію продукції тваринництва є критерієм оцінки енергозберігаючого балансу. Енергетична ефективність виробництва зерна – одна із найбільш економних, оскільки процес його вирощування, зберігання та переробки менш енергоємний в порівнянні, наприклад, із виробництвом м'яса. На отримання 1 ккал кукурудзяного зерна

витрачається біля 0,2-0,3 ккал енергії, а для виробництва цукрового буряку – 0,8 ккал, а м'яса яловичини – 10-15 ккал [15].

Таким чином, питання вивчення оптимізації живлення рослин при впровадженні у виробництво нових гібридів кукурудзи різних за вегетаційним періодом з метою підвищення їх урожайності та якості зерна є ще недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Останніми роками в Україні значно збільшуються об'єми виробництва зерна кукурудзи. Збільшення досягається за рахунок освоєння нових технологій вирощування цієї культури, впровадження високопродуктивних гібридів, адаптованих до різних погодно-кліматичних умов розміщення кукурудзи, використання високоякісного посівного матеріалу [9, 10].

Кукурудза належить до культур з високим потенціалом продуктивності, реалізація якої залежить від удобрення та гібридів, адаптованих до умов регіону вирощування та змін клімату і здатних формувати високу урожайність. Багато господарств одержують 9–10 т / га і більше, в тому числі і в нових районах кукурудзо-сіяння (Полісся України). У деяких областях України врожай становить 5,5–6,0 т/га [12].

Основні біологічні особливості кукурудзи визначаються підвищеними вимогами до умов живлення, теплового режиму ґрунту і повітря на час проростання насіння і в період від сходів до цвітіння. Рослини краще розвиваються при оптимальному освітленні і постійній наявності в ґрунті достатньої кількості поживних речовин.

Одним із визначальних критеріїв одержання високих врожаїв зерна кукурудзи при дотриманні і чіткому та своєчасному виконанні регламенту агротехнології, є добір гібридів кукурудзи різних груп стиглості з високим потенціалом урожайності та підвищеною адаптивністю до несприятливих абіотичних факторів певної зони вирощування. Вирощування районованих гібридів призводить до максимальної реалізації їх генетичного потенціалу продуктивності.

Для формування високого врожаю культура потребує збалансованого живлення. Одним із найбільш ефективних засобів впливу на врожайність і якість зерна кукурудзи є внесення добрив. Незважаючи на споживання рослинами кукурудзи незначної кількості мікроелементів (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co, Ni та ін.), вони відіграють таку ж важливу роль в одержанні високих врожаїв, як і макроелементи (N, P, K). При цьому дефіцит будь-якого елемента живлення може бути обмежуючим фактором у підвищенні продуктивності рослин кукурудзи.

Позакореневі підживлення посівів кукурудзи можуть бути ефективним агротехнічним заходом забезпечення рослин мікроелементами протягом вегетації. В посушливих вони особливо ефективні, оскільки збільшується доступність поживних речовин і стимулюється їх засвоєння рослинами з

грунту. При листовому живленні макро- і мікроелементи легко потрапляють до рослинного організму, добре засвоюються ним, швидко включаються в синтез органічних речовин у листових пластинках або надходять до інших органів рослини і залучаються до процесів метаболізму.

Відсоток засвоєння елементів живлення з добрив через листову поверхню є значно вищим, порівняно із їх засвоєнням з добрив, що внесені в ґрунт, але обсяги засвоєння через листки обмежені [14].

У дослідженнях Паламарчука В. Д., позакореневе підживлення кукурудзи забезпечило зростання вмісту хлорофілу у листках на 5-36 %, порівняно із контролем (без підживлень). Найвище значення вмісту хлорофілу відзначено у 2011 р., який виявився сприятливим для розвитку рослин кукурудзи, найменше – в 2012 р., який характеризувався значним посушливим періодом в період росту і розвитку рослин кукурудзи [11].

Важливе значення мають бор, залізо та марганець але ключовий мікроелемент для рослин кукурудзи цинк. Особливо важливо не допустити прояву дефіциту мікроелементів на ранніх етапах росту і розвитку рослин кукурудзи. З розвитком 6 – 8 листка кукурудза входить у фазу швидкого росту, продовжується формування чоловічих та жіночих суцвіть рослини і вони потребують посиленого забезпечення елементами живлення. Як правило у цей час проявляється стресова дія гербіцидів і рослини починають відставати у рості. Для виведення кукурудзи з стану стресу рекомендуємо проводити позакореневі підживлення спеціальними добривами з вмістом легкодоступних амінокислот, фітогормонів та фосфору у формі фосфітів.

Резервом підвищення врожайності та поліпшення якості зерна при вирощуванні кукурудзи за інтенсивною технологією є регулятори росту рослин. Ними обробляють насіння перед сівбою, або обприскують посіви під час вегетації рослин. Обробку насіння регуляторами росту поєднують з протруєнням, обробкою мікроелементами. Ефективність регуляторів росту при допосівній обробці насіння і обприскуванні посівів майже однакова. Встановлено, що регулятори росту прискорюють ріст і розвиток рослин, зростає їх стійкість до високих температур та посушливої погоди [4, 5].

Стимуляція фізіологічних процесів при впливі регуляторів росту рослин проявляється, як правило, при нестачі в них відповідних фітогормонів, шляхом збалансованості гормонального статусу організму. Фізіологічний ефект від використання стимуляторів полягає в покращенні процесів життєдіяльності, а саме у кращому поглинанні поживних речовин, посиленні процесів фотосинтезу, що сприяє підвищенню врожайності та дає можливість рослині максимально використати свій потенціал.

Застосування регуляторів росту є одним з нових і перспективних напрямів у сільському господарстві. Особливе велике значення використання регуляторів росту має на посівах самозапилених ліній кукурудзи, які внаслідок морфобіологічних особливостей відрізняються низькою енергією проростання,

слабким стартовим ростом, чутливістю до пошкоджень шкідниками та фітоінфекціями.

Здатність чинити опір екстремальним умовам є основою існування рослин. Реалізація механізмів, що лежать в основі адаптації рослин до стресових умов, вимагає великих енергетичних витрат і супроводжується одночасно зниженням енергетичного забезпечення процесів продуктивності. Тому використання ендогенних регуляторів росту, у спектрі фізіологічної дії яких виявляється чітко виражений антистресовий ефект, для підвищення стійкості і продуктивності культурних рослин основних вимог, що висуваються до таких засобів захисту, належать низькі норми втрати, швидка утилізація в природних умовах, нездатність акумулюватися у ґрунті і харчових продуктах.

За результатами перевірки у десятках установах та сотнях провідних і базових господарств, дані препарати сприяють підвищенню врожаїв сільськогосподарських культур на 14-21% при витратах на їх придбання і застосування у десятки та сотні разів менших від вартості приростів урожаїв від них. У багатьох господарствах природи врожаїв зерна від кращих вітчизняних біостимуляторів на посівах озимої пшениці становлять по 5-7 ц/га, кукурудзи – 7-10, зеленої маси кукурудзи – 50-100 ц/га [10].

Регулятори росту здатні спрямовано впливати та регулювати важливі процеси росту та розвитку рослин, підвищувати ефективність реалізації потенційної продуктивності сортів та гібридів, закладеної у структурі ДНК класичним селекційним шляхом або за методами генної інженерії. Детальне вивчення характеру дії регуляторів росту на рослини відкриває їх нові властивості. Застосування регуляторів росту послаблює негативний вплив довкілля, сприяє підвищенню продуктивності рослин і поліпшенню якості продукції.

В умовах нинішньої економічної кризи в агропромисловому комплексі через різке скорочення внесення органічних добрив та дорожнечу мінеральних застосування гумінових, бактеріальних, фітогормональних препаратів, мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур набуває дедалі більшого поширення [1].

Визначення енергетичної ефективності виробництва є об'єктивним індикатором ступеня ефективності діяльності як аграрного підприємства в цілому, так і енергетичної доцільності технології виробництва сільськогосподарських культур та її елементів. Енергетична оцінка сільськогосподарського виробництва, на відміну від вартісної, дає можливість визначати результативність здійснених витрат незалежно від коливання кон'юнктури ринку та інфляції [3].

Таким чином, тільки завдяки збалансованому застосуванню добрив, що містять мікроелементи та сучасних стимуляторів росту можна отримати максимальний урожай зерна кукурудзи належної якості, що генетично закладений у насінні культури.

Мета досліджень. Полягає у науковому обґрунтуванні впливу застосування мікродобрив та регуляторів росту на продуктивність кукурудзи на зерно гібридів різних груп стиглості.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проводились у селі Стрижавка ПП АФ «Батьківщина» Вінницького району. Ґрунт сірий лісовий середньосуглинковий. За даними агрохімічного обстеження вміст гумусу в орному шарі низький – 3,2%. Вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) низький – 7,0-8,0; рухомого фосфору (за Чіріковим) високий – 16,0-19,4; обмінного калію (за Чіріковим) підвищений – 9,5 мг/100г ґрунту. Гідролітична кислотність висока і становить 4,32 мг-екв./100г ґрунту. За обмінною кислотністю рН_{сол} 5,1-5,5 – ґрунт середньо-кислий. Ґрунт дослідної ділянки та його агрохімічні показники є типовими для даної зони і придатний для вирощування кукурудзи на зерно.

Дослідження проводились методом закладання польових дослідів за методиками [6]. Посів проводили широкорядним способом, з міжряддям 70 см, на заплановану густоту стеблостою 70 тис. шт./га. Норма висіву насіння: 25 кг/га. Попередник – соя. Гербіциди вносили в фазу 3-4 листочків кукурудзи. Дослідженнями передбачалось вивчити ефективність впливу позакореневого внесення стимуляторів росту та мікродобрив на продуктивність кукурудзи. Розміщення ділянок систематичне. Розмір облікової ділянки – 30 м². Обліки урожайності – методом суцільного збирання.

Виклад основного матеріалу досліджень. Кукурудза – одна з найдавніших землеробських культур. Це - високопродуктивна злакова культура універсального призначення, яку вирощують для продовольчого, кормового та технічного використання. За умов дотримання правильної агротехніки вона здатна давати сталі і високі врожаї зеленої маси та зерна. Крім того, в останні роки широкого розповсюдження набуває біоетанол, який виробляють із зерна цієї культури. Тому збільшення виробництва зерна кукурудзи з метою подальшої переробки його на біоетанол є перспективним напрямком діяльності сільськогосподарських підприємств. Збільшення валових зборів зерна можливе за високого рівня агротехніки та за рахунок розширення посівних площ, яке в свою чергу, вимагає виробництва додаткової кількості високоякісного насіння.

Для нормального розвитку рослин необхідні не тільки азот, фосфор і калій, але і мікро- та мезоеlementи: залізо (Fe), мідь (Cu), молібден (Mo), марганець (Mn), цинк (Zn), бор (B), сірка (S) та інші, що беруть участь у всіх фізіологічних процесах розвитку рослин, підвищують ефективність багатьох ферментів у рослинному організмі та покращують засвоєння рослинами елементів живлення із ґрунту. Більшість мікроelementів є активними каталізаторами, що прискорюють біохімічні реакції та впливають на їх спрямованість. Саме тому мікроelementи неможливо замінити ніякими іншими речовинами і їх нестача може негативно вплинути на ріст та розвиток рослин.

Мікроelementи є складовою частиною ґрунту, повітря та рослин і всього навколишнього середовища і беруть участь у всіх хімічних та фізіологічних

процесах їх розвитку та формування урожаю. Так, бор забезпечує стійкість до хвороб та збільшує урожай і його якість. Покращує синтез та переміщення вуглеводів, відіграє важливу роль у процесах поділу клітин та синтезі білка. Бор посилює ріст пилоквих трубочок та проростання пилку, збільшуючи кількість квіток і плодів. Мідь бере участь у фотосинтезі та утворенні ензимів, входить до складу білків та ферментів. Посилює засвоєння азоту та забезпечує високий урожай. Марганець, бере участь у процесах фотосинтезу, утворення хлорофілу та синтезі білка, збільшує цукристість плодів та овочів, прискорює розвиток рослин і їх плодоношення. Молібден бере участь у синтезі вітамінів і хлорофілу та у вуглеводневому обміні речовин. Сприяє біологічній фіксації азоту та збільшенню вмісту білка в продукції. Цинк активує дію ферментів, бере участь у фотосинтезі, у перетворенні крохмалю та азоту. Під впливом цинку збільшується загальний вміст вуглеводів, крохмалю та білкових речовин. Залізо бере участь в утворенні хлорофілу і білків.

Без мікроелементів принципово неможливе повноцінне засвоєння основних добрив (азоту, фосфору і калію) рослинами. Нестача мікроелементів порушує обмін речовин та хід фізіологічних процесів у рослині. Мікроелементи сприяють синтезу в рослинах повного спектра ферментів, які дають змогу інтенсивніше використовувати енергію, воду та мікроелементи. Тільки завдяки збалансованому застосуванню добрив, що містять мікроелементи, можна отримати максимальний урожай належної якості, що генетично закладений у насінні сільськогосподарських культур. Нестача мікроелементів у доступній формі у ґрунті призводить до зниження швидкості перебігу процесів, що відповідають за розвиток рослин. В кінцевому результаті це призводить до втрат урожаю, його класності та незадовільних органолептичних властивостей.

Нині спостерігається нова тенденція у застосуванні регуляторів росту рослин, оскільки синтетичні фізіологічно активні регулятори росту разом із корисною дією можуть мати побічний негативний вплив на рослини. Тому рекомендовано використовувати екологічно безпечні регулятори природного фотосинтезу.

У 2020-2021 роках було проведено дослід по вивченню ефективності стимуляторів росту та мікродобрив на посівах кукурудзи на зерно. У ході досліджень аналізували біометричні показники: висоту рослин, площу листової поверхні, елементи структури врожаю: озерненість качана і масу 1000 зерен, які найбільше корелюють з урожайністю. Погодні умови в період кукурудзи сприяли активному приросту рослин майже до фази цвітіння, після завершення якої інтенсивні ростові процеси суттєво уповільнюються, і як правило, майже припиняються. Найбільшою висотою (213-226 см) характеризувався гібрид кукурудзи 3511. Завдяки сприятливим умовам вологозабезпечення, відзначалися рослини кукурудзи у фазі викидання волоті. Загальна тенденція щодо ростової реакції кукурудзи на види препаратів полягає в тому, що кожний елемент системи живлення рослин створює інтегровані

умови для прискорення лінійного приросту рослин.

Найбільш дієвим фактором регулювання висоти рослин виявився режим живлення мікродобривом та стимулятором росту рослин, які вносились у фазу 3-5 листочків кукурудзи, так в результаті позакореневого внесення стимулятора росту Регоплант в нормі витрати 50 мл/га та мікродобрива Хелатин Цинк 2 л/га висота рослин кукурудзи гібриду ДКС 3795 (ФАО 250) в середньому за два роки була в межах 210 см, що більше ніж на контрольних ділянках на 10 см. Висота рослин гібриду кукурудзи ДКС 3511 (ФАО 330) при позакореновому підживленні даних препаратів становила 226 см, що більше ніж на контрольних ділянках на 13 см.

Формування високого врожаю сільськогосподарських рослин є результатом фотосинтезу, у процесі якого з простих речовин утворюються багаті енергією складні і різноманітні за хімічним складом органічні сполуки. Як відомо, інтенсивність накопичення органічної речовини залежить від величини листової поверхні, яка визначається біометричними параметрами рослин і значною мірою залежить від режиму їх живлення, а також тривалістю активної діяльності листя. Потужність асиміляційного апарату і тривалість його роботи є вирішальним фактором продуктивності фотосинтезу, який зумовлює кількісні та якісні показники врожаю.

Неодноразовими дослідженнями вчених було встановлено, що величина асиміляційної поверхні і продуктивність її фотосинтетичної роботи зростає у більш пізньостиглих гібридів.

Дослідженнями встановлено, що наростання листової поверхні рослин гібридів кукурудзи істотно збільшувалося з ростом і розвитком рослин і максимальних величин досягала до фази цвітіння з подальшим незначним зменшенням площі листового апарату у наступні періоди вегетації. Зазначена залежність чітко простежується при обприскуванні рослин розчинами комплексних мікродобрив та регуляторів росту.

Площа листової поверхні, має особливе значення для формування врожаю, адже 95% маси рослин кукурудзи є результатом накопичення вуглеводів за рахунок процесу фотосинтезу (Табл. 1).

Мінімальна площа листової поверхні однієї рослини у фазі цвітіння волотей була у варіанті без внесення позакореневих підживлень стимулятором росту рослин та мікродобрив у середньораннього гібриду кукурудзи ДКС 3795 – 0,403 м²/на рослину. При застосуванні стимулятора росту Регоплант в нормі витрати 50 мл/га даний показник в середньому за два роки досліджень збільшився на 0,011 м²/на рослину в порівнянні з контрольними ділянками. Найбільші показники площі листової поверхні були відмічені на ділянках де вносились позакоренево у фазу 3-5 листочків кукурудзи стимулятор росту Регоплант та мікродобриво Хелатин Цинк. Так, площа листової поверхні середньораннього гібриду кукурудзи ДКС 3795 становила 0,429 м²/на рослину, що більше ніж на контрольних ділянках на 0,026 м²/на рослину. Відповідно

Таблиця 1

**Вплив позакореневих підживлень стимуляторів росту та мікродобрив
на площу листової поверхні кукурудзи**

Варіанти досліду	Площа листової поверхні, м ² /на рослину			+/- до контролю
	2020 р.	2021 р.	середнє	
ДКС 3795 (ФАО 250)				
Контроль (без підживлення)	0,400	0,405	0,403	-
Регоплант, 50 мл/га	0,409	0,418	0,414	+ 0,011
Хелатин Цинк, 2 л/га	0,414	0,420	0,417	+ 0,014
Регоплант, 50 мл/га + Хелатин Цинк, 2 л/га	0,422	0,436	0,429	+ 0,026
ДКС 3511 (ФАО 330)				
Контроль (без підживлення)	0,421	0,443	0,432	-
Регоплант, 50 мл/га	0,438	0,456	0,447	+ 0,015
Хелатин Цинк, 2 л/га	0,443	0,460	0,452	+ 0,020
Регоплант, 50 мл/га + Хелатин Цинк, 2 л/га	0,457	0,476	0,467	+ 0,035

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень

площа листової поверхні середньостиглого гібриду ДКС-3511 була на рівні 0,467 м²/на рослину, що більше за контрольні ділянки на 0,035 м²/на рослину. Отже, сумісне внесення стимуляторів росту та мікродобрив у фазу 3-5 листочків кукурудзи сприяло збільшенню площі листя. За результатами проведених досліджень виявлено суттєве збільшення площі листової поверхні по групах стиглості гібридів кукурудзи за обробки регуляторами росту та мікродобривами, порівняно з варіантами без їх застосування. Позитивна дія на рослини ріст стимулюючих речовин та мікроелементів зумовлена тим, що вони приймають участь в окислювально-відновлювальних процесах вуглеводів навколишнього середовища. Під впливом мікроелементів в листках збільшується склад хлорофілу, покращується фотосинтез, підвищується асимілююча дія рослини. Фізіологічний ефект від використання регуляторів росту та мікродобрив полягає в покращенні процесів життєдіяльності, а саме у кращому поглинанні поживних речовин, посиленні процесів фотосинтезу, що сприяє підвищенню врожайності та дає можливість рослині максимально використати свій потенціал.

В сучасних умовах ведення сільськогосподарського виробництва, де за допомогою ринкових важелів постійно змінюються ціни на ресурси, економічна оцінка пропонованих варіантів технології не завжди може об'єктивно відобразити ефективність технології вирощування тому велике значення в урахуванні всіх енергозатрат має врахування вмісту валової та

обмінної енергії, порівняння приходу енергії, акумульованої в урожаї, із сукупною енергією, витраченою на вирощування і збирання врожаю.

Одним зі шляхів підвищення ефективності енерговикористання при виробництві продукції рослинництва є оптимізація технологічних прийомів та збільшення виходу продукції з одиниці площі. Енергетичний аналіз, який є концентрованим вираженням закону збереження та перетворення енергії, дозволяє зробити порівняння енерговитрат та вмісту (надходження) енергії в одержаному урожаї.

Розрахунок енерговитрат за всіма складовими технологічного циклу вирощування гібридів кукурудзи показав, що найбільш енергоємними є енергетичні витрати на проведення вегетаційних поливів, обробітку ґрунту, застосування мінеральних добрив, витрат на паливно-мастильні матеріали, навантаження на машино-тракторний парк – трактори, сільськогосподарські машини, автомобілі, відрахування на амортизацію, поточний ремонт тощо.

В умовах інтенсифікації сільського господарства для подвоєння врожайності сільськогосподарських культур, у тому числі і зерна кукурудзи 4-10-кратне збільшення сумарних енергетичних витрат. При вирощуванні кукурудзи на величину витрат енергії значний вплив чинять гібридний склад, диференціація строків сівби, оптимальне розміщення культур в системі сівозмін залежно від природно-кліматичних та господарсько-економічних умов. Скороченню витрат сприяють врахування впливу всіх технологічних чинників, а також застосування ресурсощадних технологій вирощування. Тому в зв'язку з цими положеннями найважливіша задача сільськогосподарської науки в області виробництва зерна кукурудзи є об'єктивна оцінка витрат енергії при виконанні окремих технологічних операцій.

Сутність енергетичного аналізу заснована на тому, що ні натуральні, ні вартісні показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно не дають повного уявлення про допустимий (нормативний) і фактичний рівень загальних енерговитрат на повний обсяг механізованих робіт та затрат людської праці. Тому метою енергетичної оцінки досліджуваних елементів технології вирощування є визначення окупності витрат сукупної енергії, що накопичена врожаєм, а також виявлення рівня енергоємності отриманої продукції. Усі види трудових і технологічних витрат при цьому визначаються в енергетичних одиницях (еквівалентах), що відображають кількість не відновлюваної енергії, що визначається кілокалоріями або джоулями. За допомогою цього показника порівнюються технології у рослинництві й землеробстві. Крім того, енергетичний аналіз забезпечує більш повну оцінку окремих елементів технології вирощування, оскільки не залежить від сезонної динаміки цін на енергоносії, добрива та вартість кінцевої продукції.

Основним принципом визначення економічної та енергетичної ефективності будь-яких технологічних заходів є порівняння вартісних показників з отриманими результатами.

Як показали наші розрахунки енергетичної ефективності, за введення до технології вирощування кукурудзи таких елементів як застосування мікродобрив та стимуляторів росту.

При співставленні загальноприйнятих та взятих на дослідження елементів технології величина прибутку (збитку) визначається за рахунок різниці вартісних показників витрат на їх проведення та рівня врожайності.

При застосуванні мікродобрив і регуляторів росту витрати енергії на виробництво цієї культури зростали не істотно до 58,75 ГДж (без обробки препаратами) до 70,52 – 75,31 ГДж за внесення мікродобрив і регуляторів росту (Табл. 2).

Таблиця 2

Біоенергетична ефективність технології вирощування гібриду кукурудзи 3511 залежно від регуляторів росту і мікродобрив, (середнє за 2020-2021 рр.)

Варіанти досліджень	Урожайність, т/га	Витрати енергії, ГДж/га, E ₀	Прихід енергії з урожаєм ГДж/га E _в	Приріст енергії, ГДж/га E	Біоенергетичний коефіцієнт K _e
Контроль. Без підживлення	8,16	58,75	161,41	102,66	1,75
Регоплант, 50мл/га	8,60	70,52	128,40	57,88	1,82
Хелатин Цинк, 2 л/га	8,70	66,99	129,89	62,9	1,94
Регоплант, 50 мл/га + Хелатин Цинк, 2 л/га	9,78	75,31	146,02	70,71	1,94

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень

Визначення енергетичної ефективності використання такого прийому, як обробка посівів кукурудзи сучасними препаратами, показало, що витрати енергії на проведення зазначеного заходу збільшуються неістотно, а прихід енергії з урожаєм зростає суттєво: у середньому 128,40-146,02 ГДж/га, а на контрольних ділянках даний показник був на рівні 161,41 ГДж/га. Енергетичний коефіцієнт найвищим був на ділянках де вносились стимулятор росту рослин Регоплант та мікродобриво Хелатин Цинк – 1,94.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Найбільш дієвим фактором регулювання висоти рослин виявився режим живлення мікродобривом та стимулятором росту рослин, які вносились у фазу 3-5 листочків кукурудзи, так в результаті позакореневого внесення стимулятора росту Регоплант в нормі витрати 50 мл/га та мікродобрива Хелатин Цинк 2 л/га висота рослин кукурудзи гібриду ДКС 3795 (ФАО 250) в середньому за два роки була в межах 210 см, що більше ніж на контрольних ділянках на 10 см.

Площа листкової поверхні середньостиглого гібриду ДКС-3511 була на рівні 0,467 м²/на рослину, що більше за контрольні ділянки на 0,035 м²/на рослину.

Найвища урожайність гібридів кукурудзи була зафіксована у 2018 році ДКС 3795 – 9,53 т/га, ДКС 3511 – 10,27 т/га на ділянках де у фазу 3-5 листочків кукурудзи проводилось позакореневе підживлення стимулятором росту Регоплант та мікродобривом Хелатин Цинк.

При застосуванні мікродобрив і регуляторів росту витрати енергії на виробництво цієї культури зростали не істотно до 58,75 ГДж (без обробки препаратами) до 70,52 – 75,31 ГДж за внесення мікродобрив і регуляторів росту. Енергетичний коефіцієнт найвищим був на ділянках де вносились стимулятор росту рослин Регоплант та мікродобриво Хелатин Цинк – 1,94.

Список використаної літератури

1. Анішин Л. Чого очікувати від посівів качанистої цього року. *Пропозиція*. 2009. № 7. С. 46-48.
2. Анішин Л. Українські біостимулятори росту завойовують світове визнання. *Агро Перспектива*. 2010. №2. С. 68-69.
3. Артеменко С. Ф., Ковтун О. В. Економічна та біоенергетична ефективність застосування різних препаратів та регуляторів росту при вирощуванні сої в умовах Північного Степу України. *Зернові культури*. 2019. Том 3. № 1. С. 191–198
4. Гож О.А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та стимуляторів росту в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. Херсон. 2013. Вип. 61. С. 118-120.
5. Гож О.А. Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю. Вплив стимуляторів росту на продуктивність гібридів кукурудзи при зрошенні. Роль науки у підвищенні технологічного рівня і ефективності АПК України: зб. наук. праць за матеріалами IV Всеукраїнської наук.-прак. конф. з міжнародною участю (15-16 травня 2014 р.). Тернопіль: Тернопільська ДСГДС ІКСГП НААН, 2014. Ч. 1. С. 60-62.
6. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Підручник. К.: Вища шк., 1994. 334 с.
7. Дудка М. І., Якунін О. П., Ковтун О. В., Гладкий О. В. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від макро- і мікродобрив. *Зернові культури*. 2021. Том 5. № 1. С. 45–51
8. Зінчук П. Й., Зінчук М. І., Шевчук М. Й. Мікродобрива та їх раціональне використання. Землевласникам - про ґрунт, добриво і землеробство: [методичний посібник]. Луцьк, 2007. С. 33-39.
9. Кирпа М.Я., Станкевич Г.М., Стюрко М.О. Кукурудза: збирання, сушіння, якість. Монографія. Одеса. КП ОМД. 2015. 150 с.
10. Лівандовський А., Таганцова М. Оцінка кращих гібридів кукурудзи, придатних для поширення в Україні на 2009 рік. *Пропозиція*. 2009. №3. С. 50-51.

11. Паламарчук В. Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип.14. С. 43-53.

12. Паламарчук В. Д., Мазур В. А., Зозуля О. Л. Кукурудза. Селекція та вирощування гібридів. Вінниця. ВДАУ. 2009. 199 с.

13. Palamarchuk V.D., Telekalo N.V. The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2018. 24 (№ 5). 783-790.

14. Серветник О.В. Ефективність застосування позакореневих підживлень азотним добривом карбамід у системі удобрення сої. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 84. С. 120-126.

15. Yanosh Nad. Kukurudza [Maize]. Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu., 2012. 580 s.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Anishy`n L. (2009). Chogo ochikuvaty` vid posiviv kachany`stoyi cz`ogo roku. [What to expect from this year's corn crops]. *Propozy`ciya – Offer*. № 7. 46-48. [in Ukrainian].

2. Anishy`n L. (2010). Ukrayins`ki biosty`mulyatory` rostu zavojoyuyut` svitove vy`znannya [Ukrainian biostimulants of growth are gaining world recognition]. *Agro Perspekty`va – Agro Perspective*. №2. 68-69. [in Ukrainian].

3. Artemenko S.F., Kovtun O.V. (2019). Ekonomichna ta bioenergety`chna efekty`vnist` zastosuvannya rizny`x preparativ ta regulyatoriv rostu pry` vy`roshhuvanni soyi v umovax Pivnichnogo Stepu Ukrayiny` [Economic and bioenergetic efficiency of the use of various preparations and growth regulators in the cultivation of soybeans in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kul`tury` – Cereal crops*. Vols 3. № 1. 191–198. [in Ukrainian].

4. Gozh O.A. (2013). Produkty`vnist` gibry`div kukurudzy` zalezho vid mikrodbry`v ta sty`mulyatoriv rostu v umovax zroshennya pivdnya Ukrayiny [Productivity of corn hybrids depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation conditions of southern Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*. Issue. 61. 118-120. [in Ukrainian].

5. Gozh O.A. Lavry`nenko Yu.O., Marchenko T.Yu. (2014). Vply`v sty`mulyatoriv rostu na produkty`vnist` gibry`div kukurudzy` pry` zroshenni. Rol` nauky` u pidvy`shhenni texnologichnogo rivnya i efekty`vnosti APK Ukrayiny` [The effect of growth stimulants on the productivity of corn hybrids under irrigation. The role of science in increasing the technological level and efficiency of the agricultural industry of Ukraine]: zb. nauk. prac` za materialamy` IV Vseukrayins`koyi nauk.-prak. konf. z mizhnarodnoyu uchastyu (15-16 travnya 2014 r.). – coll. of science theses based on the materials of IV All-Ukrainian Science and Practice. conf. with international participation (May 15-16, 2014). Ternopil`: Ternopil`ska DSGDS IKSGII NAAN, Ch. 1. 60-62. [in Ukrainian].

6. Moiseichenko V.F., Yeshchenko V.O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of research in agronomy]*. Pidruchnyk. K.: Vyshcha shk., 334 s. [in Ukrainian].
7. Dudka M.I., Yakunin O.P., Kovtun O.V., Gladky`j O.V. (2021). *Formuvannya vrozhajnosti zerna kukurudzy` zalezho vid makro- i mikrodostry`v [Formation of corn grain yield depending on macro- and microfertilizers]*. *Zernovi kul`tury – Cereal crops`*. Vols 5. № 1. 45–51. [in Ukrainian].
8. Zinchuk P.J., Zinchuk M.I., Shevchuk M.J. (2007). *Mikrodostry`va ta yix racional`ne vy`kory`stannya. Zemlevlasny`kam - pro g`runt, dostry`vo i zemlerobstvo [Microfertilizers and their rational use. Landowners - about soil, fertilizer and agriculture]: [metody`chny`j posibny`k]*. *Lucz`k*. 33-39. [in Ukrainian].
9. Ky`rpa M.Ya., Stankevych G.M., Styurko M.O. (2015). *Kukurudza: zby`rannya, sushynnya, yakist` [Corn: harvesting, drying, quality]*. *Monografiya*. Odesa. KP OMD. 150 s. [in Ukrainian].
10. Livandovs`ky`j A., Taganczova M. (2009). *Ocinka krashhy`x gibry`div kukurudzy`, pry`datny`x dlya poshy`rennya v Ukrayini na 2009 rik [Evaluation of the best corn hybrids suitable for distribution in Ukraine for 2009]*. *Propozy`ciya – Offer*. №3. 50-51. [in Ukrainian].
11. Palamarchuk V.D. (2019). *Vply`v pozakorenevy`x pidzhy`vlen` na vmist xlorofilu u gibry`div kukurudzy` rizny`x grup sty`glosti [The effect of foliar fertilization on the content of chlorophyll in corn hybrids of different maturity groups]*. *Sil`s`ke gospodarstvo ta lisivny`cztvo – Agriculture and forestry*. Issue.14. 43-53. [in Ukrainian].
12. Palamarchuk V.D., Mazur V.A., Zozulya O.L. (2009). *Kukurudza. Selekcija ta vy`roshhuvannya gibry`div [Maize. Selection and cultivation of hybrids]*. *Vinny`cya*. VDAU. [in Ukrainian].
13. Palamarchuk V.D., Telekalo N.V. (2018). *The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure*. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (№ 5). 783-790. [in English].
14. Servetny`k O.V. (2017). *Efektynist` zastosuvannya pozakorenevy`x pidzhy`vlen` azotny`m dostry`vom karbamid u sy`stemi udobrennya soyi [Effectiveness of foliar fertilizing with urea nitrogen fertilizer in soybean fertilization system]*. *Kormy` i kormovy`robny`cztvo – Fodder and fodder production*. Issue. 84. 120-126. [in Ukrainian].
15. Yanosh Nad. (2012). *Kukurudza [Maize]*. *Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu.* [in English].

ANNOTATION

INFLUENCE OF EXTRA-ROOT NUTRITION ON BIOENERGETIC PRODUCTIVITY OF CORN GRAIN

Maize is a crop with a high yield potential and depends on technologies adapted to the conditions of the region. To form a high yield, the crop needs a balanced diet. One of the most effective means of influencing the yield and quality of corn grain is the application of mineral fertilizers. Foliar fertilization of corn crops can be an effective agronomic measure to stimulate

physiological processes under the influence of growth regulators on the development of corn in the initial stages, providing plants with trace elements during the growing season. Studies have shown that the growth of the leaf surface of plants of maize hybrids increased significantly with the growth and development of plants and reached maximum values before the flowering phase, followed by a slight decrease in the area of the leaf apparatus in subsequent growing seasons. The highest indicators of leaf surface area were observed in the areas where growth stimulant Regoplant and microfertilizer Chelatin Zinc were applied foliarly in the phase of 3-5 leaves of corn.

Thus, the leaf area of the middle-early hybrid of maize DKS 3795 was 0,429 m²/plant, which is more than in the control plots by 0,026 m²/plant. Accordingly, the leaf area of the medium-ripe hybrid DKS-3511 was at the level of 0,467 m²/per plant, which is greater than the control plots by 0,035 m²/per plant. One of the ways to increase the efficiency of energy use in the production of crop products is to optimize technological methods and increase the yield per unit area. Energy analysis, which is a concentrated expression of the law of conservation and conversion of energy, allows you to compare energy consumption and energy content (receipt) in the harvest.

Energy costs for growing maize hybrid 3511 for grain in control areas (without treatment with drugs) increased to 58,75 GJ, with the introduction of microfertilizers and growth regulators to 70,52 – 75,31 GJ. The energy coefficient was highest in the areas where plant growth stimulant Regoplant and microfertilizer Chelatin Zinc were applied – 1,94.

Key words: *agrocenoses, technology, seeds, corn, growth stimulants, microfertilizers, yield.*

Table. 2. Lit. 15.

Інформація про авторів

Шкатула Юрій Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. e-meil: shkatula@vsau.vin.ua).

Сторожук Юрій Володимирович – директор представництва ТОВ «ЄВРОВЕКТОР» (21008, м. Вінниця, вул. І. Богуна 3, оф. 303, у.v.storozhuk@gmail.com).

Shcatula Yurii – Candidate of Agricultural Sciences, Associate of Professor of the department of agriculture, soil science and agrochemistry of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Sonaychna St. 3., e-mail: shkatula@vsau.vin.ua).

Storozhuk Yuriy – Director of the Representative Office of EUROVEKTOR LLC (21008, Vinnytsia, 3 I. Bohuna St., office 303, у.v.storozhuk@gmail.com).