

## ОПТИМІЗАЦІЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ ДІАГНОСТИКИ

**Н. М. АСАНИШВІЛІ**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2782-4785>  
Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»  
E-mail: [nadia-asanishvili@ukr.net](mailto:nadia-asanishvili@ukr.net)

**Анотація.** У статті наведено результати досліджень, проведених упродовж 2016 – 2019 рр. щодо впливу різних норм мінеральних добрив та побічної продукції попередника на вміст хімічних елементів живлення в рослинах і врожайність гібридів кукурудзи в Лісостепу. Метою досліджень було встановлення особливостей накопичення азоту, фосфору та калію рослинами кукурудзи в онтогенезі у взаємозв'язку з врожайністю гібридів ранньостиглої та середньоранньої груп стиглості для оптимізації мінерального живлення культури. Дослідження проводили на темно-сірому опідзоленому ґрунті із застосуванням польового, хімічного, розрахунково-вагового та математико-статистичного методів. За стадіями росту й розвитку ВВСН встановлено особливості динаміки вмісту азоту, фосфору та калію в рослинах гібридів із ФАО 190 і 280 залежно від агрохімічного навантаження технології вирощування. Виявлено сортові закономірності концентрації хімічних елементів у рослинах кукурудзи у взаємозв'язку з накопиченням сухої речовини посівами в онтогенезі та господарською врожайністю. Ідентифіковано гібриди з відповідним генетично зумовленим рівнем вмісту азоту, фосфору та калію в рослинах та показано його вплив на реалізацію потенціалу продуктивності генотипу. Експериментально доведено та на основі статистичного й кореляційного аналізів підтверджено визначальну роль калію та азоту у формуванні врожаю кукурудзи на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Усі гібриди характеризувалися високою тісністю кореляційних зв'язків між врожайністю та вмістом у рослинах азоту ( $r = 0,760\text{--}0,934$ ) та калію ( $r = 0,755\text{--}0,943$ ) упродовж вегетаційного періоду на противагу фосфору, де ці зв'язки були середньої сили ( $r = 0,334\text{--}0,589$ ) та лише частково – тісними ( $r = 0,702\text{--}0,806$ ). За результатами рослинної діагностики мінерального живлення рослин виокремлено найефективніші технології вирощування з різним агрохімічним навантаженням, що забезпечують врожайність ранньостиглих і середньоранніх гібридів кукурудзи в агрокліматичних умовах Лісостепу на рівні 9,56–10,39 і 11,21–12,10 т/га.

**Ключові слова:** кукурудза, мінеральні добрива, побічна продукція попередника, азот, фосфор, калій, забезпеченість рослин, врожайність.

### **Актуальність.**

Кукурудза є провідною культурою національного зернового господарства, від наросування валових обсягів зерна якої безпосередньо залежить експортний потенціал держави. Тому важливо забезпечити сталий поступальний розвиток зерновиробництва кукурудзи, що дотягатиметься в найближчій перспективі завдяки інноваційній складовій інтенсивних технологій вирощування, у тому числі й впровадженням новітніх гібридів із високим потенціалом продуктивності (Камінський та ін., 2017). Водночас гібриди кукурудзи характеризуються різною потребою в елементах живлення залежно від напряду використання (зерно, силос), тривалості вегетаційного періоду, типу зерна, рівня адаптивності та інших біологічних особливостей (Надь, 2012; Шпаар та ін., 2009). Отже, встановлення оптимальних параметрів забезпеченості культури основними хімічними елементами для наукового обґрунтування та удосконалення технологій вирощування для забезпечення формування високих врожаїв зерна кукурудзи є актуальним завданням аграрної науки і практики.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Діагностика мінерального живлення сільськогосподарських рослин здійснюється за біометричними показниками, вмістом у ґрунті та рослинах хімічних елементів макро- та мікроелементів, а також за їхньою збалансованістю. Вченими-агрохіміками, фізіологами впродовж другої половини XX століття розроблені нормативні параметри вмісту різних

хімічних елементів, які відповідають певному рівню врожайності культури (Горшкова, 1981; Кореньков, 1990; Носко та ін., 1992). Наприклад, загальновідомими є рівні-параметри, запропоновані В. В. Церлінг, що за фазами росту й розвитку рослинного організму характеризують його забезпеченість у взаємозв'язку з господарською врожайністю (Церлінг, 1990). Проте на сьогодні ці показники вимагають коригування, адже з того часу суттєво зросла середня продуктивність сільськогосподарських культур, що пов'язано в тому числі з виведенням сортів і гібридів, які значно економніше та ефективніше витрачають поживні речовини на створення одиниці продукції.

Тому розвиток досліджень із питань наукового обґрунтування мінерального живлення сільськогосподарських культур наразі спрямовано й на опрацювання актуальних напрямів генотипової ідентифікації оптимальних параметрів їх забезпеченості хімічними елементами. Так, М. М. Мірошниченко зі співавторами переконливо доведено необхідність врахування сучасних селекційно-генетичних досягнень та сортової специфіки живлення в розробці систем удобрення, а саме, збалансованості елементів живлення, для більш повної реалізації потенціалу сортів та гібридів (Мірошниченко та ін., 2018). У розвиток цього напрямку розроблено концепцію оперативної сортової діагностики живлення сільськогосподарських рослин для виявлення їхнього адаптивного потенціалу та прискореного добору кращих генотипів у селекційних програмах (Бирюкова и др., 2010).

Важливим є питання оптимізації мінерального живлення з огляду на тенденції до змін клімату в напрямі

зростання його посушливості, адже відомо, що засвоєння хімічних елементів безпосередньо залежить від вологості ґрунту. Встановлено, що за екстремально посушливих умов збалансування азоту, фосфору, калію та сірки в системі удобрення та внесення мікроелементів у критичні періоди росту та розвитку рослин сприяє підвищенню використання вологи ґрунту й азоту та збільшенню врожайності культур у середньому на 20–25 % (Гладких та ін., 2016). В умовах недостатнього вологозабезпечення зони Степу виявлено реакцію гібридів кукурудзи на зміну рівня удобрення залежно від групи стиглості, що полягає в накопиченні різної кількості макро- і мікроелементів у рослинах і свідчить про необхідність оптимізації мінерального живлення культури з врахуванням сортових особливостей (Пашченко та ін., 2009; Чабан та ін., 2014).

У напрямі створення стійких до посухи гібридів кукурудзи, здатних у таких умовах поглинати елементи живлення та формувати врожай широко проводять дослідження за кордоном (Serna-Saldivar, 2019). Вітчизняні фізіологи сьогодні проводять дослідження з генетично зміненими кукурудзи в напрямі пошуку шляхів можливості впровадження систем мінерального живлення з високим рівнем засвоєння окремих іонів, які побудовані на зростанні локальних концентрацій хімічних елементів у рослинах та відрізняються підвищеним рівнем їхньої резистентності до нестачі вологи (Швартау та ін., 2019).

Отже, оптимізацію мінерального живлення в сучасних технологіях вирощування кукурудзи необхідно здійснювати з урахуванням закономірностей накопичення макро- і мікроелементів у рослинах залежно від

морфотипу гібрида, його потенційної продуктивності та взаємодії з абіотичними та біотичними чинниками довкілля. Між тим потрібно також враховувати спрямування сільськогосподарського підприємства на виробництво продукції з відповідною окупністю вкладених ресурсів, зокрема, мінеральних добрив, що займає найбільшу частку структури витрат технології вирощування кукурудзи.

**Метою дослідження** було встановлення особливостей накопичення азоту, фосфору та калію рослинами кукурудзи в онтогенезі у взаємозв'язку з врожайністю гібридів ранньостиглої та середньоранньої груп стиглості для оптимізації мінерального живлення культури в умовах Лісостепу.

### **Матеріал і методи дослідження.**

Польові дослідження проводили впродовж 2016–2019 рр. у чотирипільній короткоротаційній сівозміні (пшениця озима – кукурудза на зерно – ранні ярі зернові культури (овес, тритикале) – горох) довготривалого стаціонарного дослід, закладеного в 1987 році, що територіально розміщується в північній частині Лісостепу (сmt Чабани Києво-Святошинського р-ну Київської обл.). Дослід закладено методом розщеплених ділянок згідно з вимогами дослідної справи на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті, що характеризується дуже низьким рівнем забезпеченості азотом, підвищеним і високим – калієм та фосфором.

Для досягнення поставленої мети проводили двофакторний дослід із визначення впливу різних норм мінеральних добрив та побічної продукції попередника (соломи пшениці

озимої) (фактор А) на врожайність гібридів кукурудзи (фактор В) за схемою, наведеною в таблиці 1. Висівали гібриди кукурудзи селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН» Трубіж СВ (ФАО 190), Заїслав М (ФАО 190) та Гідний (ФАО 280), що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні.

Мінеральні добрива вносили у формі аміачної селітри ( $N - 34\%$ ), амофосу ( $P_2O_5 - 52\%$ ) та хлористого калію ( $K_2O - 60\%$ ). Система обробки ґрунту включала з осені лущення стерні й оранку на глибину 25–27 см, навесні – закриття вологи, проміжну культивування та передпосівний обробіток на глибину заробки насіння.

Кукурудзу висівали після пшениці озимої з нормою висіву на густоту 80 тис. шт./га. Перед сівбою насіння обробляли стимулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т). Після сівби вносили ґрунтовий гербіцид Примекстра Голд 720 (2,5 л/га). На стадії ВВСН 16 посіви кукурудзи обприскували баковою сумішшю: біостимулятор Стимпо (25 мл/га) + мікродобрива Фолік Макро (2,0 л/га), 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. Усі препарати та добрива, що використовували в дослідженнях, занесені до Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні.

Погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи впродовж років проведення досліджень відзначалися перевищенням на 6–20 % понад норму середньодобових температур повітря за випадання лише 47–73 % опадів від

середньобагаторічної норми з нерівномірністю їх розподілу за місяцями та декадами, що відповідним чином вплинуло на рівень врожайності культури. Найсприятливішими виявилися погодні умови вегетаційного періоду 2018 і, меншою мірою, 2019 років, задовільними – 2017 і 2016 років.

Дослідження проводили із застосуванням таких методів: польового – для вивчення взаємозв'язку об'єкта з біотичними та абіотичними чинниками; хімічного – для визначення вмісту в рослинах кукурудзи загального азоту (методом К'єльдаля, ДСТУ ISO 5983 : 2003), фосфору – методом колориметрії та калію – полум'яно-фотометричним методом згідно з «Методами визначення вмісту загального азоту, фосфору, калію в одній витяжці рослинного матеріалу» (ІГА ім. О. Н. Соколовського УААН, 1999). Визначення вегетативної маси посіву кукурудзи проводили розрахунково-ваговим методом, масу абсолютно сухої речовини – термостатно-ваговим методом. Врожайність кукурудзи визначали ваговим методом, подільночно, з урахуванням засміченості й вологості. Для встановлення достовірності отриманих даних та виявлення залежностей між показниками застосовували математико-статистичні методи.

### **Результати дослідження та їх обговорення.**

Рослинна діагностика – важливий інструментарій характеристики рівня забезпеченості рослин кукурудзи, що є підґрунтям для оптимізації мінерального живлення культури. Дослідженнями встановлено, що накопичення азоту, фосфору та калію в рослинах кукурудзи характеризується сортовою специфікою як у межах

ранньостиглої групи гібридів Трубіж СВ і Заїслав М, так й у разі порівняння кожного з них із середньораннім гібридом Гідний (табл. 1).

Так, гібриди Трубіж СВ і Заїслав М різнилися за вмістом у рослинах насамперед азоту та калію, а на певних стадіях розвитку і варіантах удобрення – і за фосфором. Водночас чинник «удобрення» закономірно більше впливав на накопичення основних макроелементів у рослинах, аніж фактор «гібрид».

На стадії ВВСН 15 у середньому за всіх варіантів удобрення найбільше азоту містилося в рослинах кукурудзи ранньостиглих гібридів Заїслав М –  $3,32 \pm 0,13 \%$ , і Трубіж СВ –  $3,12 \pm 0,11 \%$ , тоді як вміст цього елементу в рослинах середньораннього гібриду Гідний був значно меншим – лише  $2,90 \pm 0,11 \%$ . Залежно від елементів технології вирощування, а саме удобрення та гібриду вміст азоту в рослинах змінювався в межах від  $2,51$ – $3,78 \%$ , а його варіабельність була низькою та середньою ( $V = 9,8$ – $11,0 \%$ ).

За вмістом фосфору істотної різниці в розрізі гібридів не зафіксовано за його зміни в межах дослідів від  $0,62$  до  $1,01 \%$  та коефіцієнту варіювання  $V = 8,0$ – $13,0 \%$ , а щодо калію спостерігалася тенденція до більшого його накопичення в рослинах гібриду Гідний.

Водночас, за результатами статистичного аналізу встановлено високу мінливість вмісту калію в рослинах ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від удобрення ( $3,36$ – $6,27 \%$ ), що підтверджується значеннями коефіцієнта варіації  $V = 19,6$ – $20,0 \%$ .

Проведення на стадії ВВСН 16 оброблення посівів баковою сумішшю в складі біостимулятора, страхового гербіциду й мікродобрив, що містять азот, фосфор, калій, цинк та інші хі-

мічні елементи сприяло поліпшенню фітосанітарного стану посівів за показником забур'яненості, активізації ростових процесів рослин кукурудзи та покращенню їхнього мінерального живлення.

На стадії ВВСН 19 вміст у рослинах азоту, фосфору й калію закономірно знизився порівняно зі стадією ВВСН 15 до  $1,52$ – $2,77$ ;  $0,50$ – $0,79$  і  $2,46$ – $4,91 \%$  залежно від елементів технології вирощування. Вищою концентрацією хімічних елементів відзначалися рослини гібридів Заїслав М і Гідний, а в останнього гібрида ще і значно збільшилася мінливість цих показників за різних варіантів удобрення ( $V = 14,5$ – $18,5 \%$ ).

До фази цвітіння (стадія ВВСН 65) відбувається подальше зниження вмісту азоту, фосфору й калію в рослинах кукурудзи та диференціація цих показників у розрізі гібридів. Вищою концентрацією азоту вирізнявся ранньостиглий гібрид Заїслав М ( $1,58 \pm 0,10 \%$ ) проти  $1,47 \pm 0,10$  і  $1,44 \pm 0,11 \%$  у гібридів Гідний і Трубіж СВ. За фосфором суттєвих сортових особливостей не виявлено і його вміст становив у середньому  $0,48$ – $0,51 \pm 0,02 \%$ . Натомість за вмістом калію переважав середньоранній гібрид Гідний, у рослинах якого концентрація елемента складала  $1,80 \pm 0,08 \%$ , тоді як у двох ранньостиглих генотипів знижувалась до  $1,69 \pm 0,08 \%$  – у гібрида Трубіж СВ, та  $1,58 \pm 0,07 \%$  – у гібрида Заїслав М.

Отже, гібрид Трубіж СВ відзначається генетично зумовленою високою ефективністю використання хімічних елементів на створення одиниці врожаю. Між тим гібрид Заїслав М для формування продукції потребує більше елементів живлення для накопичення в рослинах. Середньоранній

# 1. Динаміка вмісту азоту, фосфору, калію в рослинах гібридів кукурудзи залежно від удобрення (середнє за 2016 – 2019 рр.), %

Варіант удобрення (фактор А)	Стадія ВВСН								
	15			19			65		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Гібрид Трубіж СВ (фактор В)									
Без добрив (контроль)	2,55	0,70	3,89	1,52	0,50	2,46	0,97	0,43	1,52
Побічна продукція попередника (фон)	2,94	0,62	3,49	1,64	0,53	2,51	1,13	0,46	1,47
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub> *	2,89	0,71	4,39	1,92	0,56	2,69	1,23	0,41	1,42
Фон+N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	3,14	0,70	4,69	1,62	0,51	2,90	1,47	0,49	1,56
Фон+N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> **	3,32	0,78	5,78	2,18	0,56	3,65	1,69	0,53	1,87
Фон+N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	3,44	0,70	5,27	2,12	0,56	3,43	1,54	0,52	1,77
Фон+N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	3,36	0,89	6,24	2,29	0,56	4,91	1,84	0,56	2,03
Фон+N <sub>240</sub> P <sub>120</sub> K <sub>240</sub> (на 10 т/га)	3,33	0,71	5,83	2,36	0,55	3,74	1,70	0,51	1,89
Середнє	3,12	0,73	4,94	1,95	0,54	3,28	1,44	0,49	1,69
S <sub>т</sub>	0,11	0,03	0,35	0,12	0,01	0,29	0,11	0,02	0,08
V, %	9,8	10,9	20,0	16,8	4,6	25,2	21,3	10,6	13,4
S	0,3	0,1	1,0	0,3	0,0	0,8	0,3	0,1	0,2
Гібрид Заїслав М (фактор В)									
Без добрив (контроль)	2,80	0,72	3,66	1,84	0,57	2,55	1,18	0,42	1,44
Фон	2,83	0,69	3,36	2,17	0,61	2,88	1,36	0,46	1,25
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub> *	3,12	0,68	4,52	2,42	0,62	2,74	1,43	0,41	1,42
Фон+N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	3,48	0,77	4,80	2,04	0,57	3,72	1,38	0,44	1,55
Фон+N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> **	3,44	0,80	5,22	2,61	0,62	4,07	1,84	0,51	1,80
Фон+N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	3,66	0,70	5,25	2,50	0,62	3,49	1,63	0,50	1,63
Фон+N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	3,47	0,85	6,27	2,35	0,63	4,25	1,84	0,54	1,74
Фон+N <sub>240</sub> P <sub>120</sub> K <sub>240</sub> (на 10 т/га)	3,78	0,73	5,16	2,59	0,59	4,17	2,01	0,54	1,84
Середнє	3,32	0,74	4,78	2,31	0,60	3,48	1,58	0,48	1,58
S <sub>т</sub>	0,13	0,02	0,33	0,10	0,01	0,24	0,10	0,02	0,07
V, %	11,0	8,0	19,6	11,9	4,0	19,6	18,4	10,9	13,0
S	0,4	0,1	0,9	0,3	0,0	0,7	0,3	0,1	0,2
Гібрид Гідний (фактор В)									
Без добрив (контроль)	2,62	0,72	4,80	1,76	0,53	3,08	1,18	0,50	1,58
Фон	2,68	0,68	3,96	1,82	0,55	2,89	1,21	0,49	1,50
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub> *	2,83	0,77	4,83	2,07	0,53	2,87	1,30	0,48	1,66
Фон+N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	2,51	0,72	4,99	2,16	0,61	4,01	1,28	0,39	1,64
Фон+N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> **	2,95	0,76	5,41	2,03	0,55	4,24	1,74	0,59	1,89
Фон+N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	3,13	0,82	5,08	2,27	0,61	3,88	1,46	0,53	2,00
Фон+N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	3,49	1,01	5,91	2,77	0,79	4,73	1,86	0,60	2,09
Фон+N <sub>240</sub> P <sub>120</sub> K <sub>240</sub> (на 10 т/га)	3,00	0,83	5,93	2,65	0,65	3,96	1,75	0,48	2,07
Середнє	2,90	0,79	5,11	2,19	0,60	3,71	1,47	0,51	1,80
S <sub>т</sub>	0,11	0,04	0,23	0,13	0,03	0,24	0,10	0,02	0,08
V, %	10,9	13,0	12,6	16,5	14,5	18,5	18,5	13,2	13,1
S	0,3	0,1	0,6	0,4	0,1	0,7	0,3	0,1	0,2

Примітка. \* до 2016 р. норма добрив N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>; \*\* впродовж 2011–2015 рр. норма добрив N<sub>240</sub>P<sub>120</sub>K<sub>240</sub>.



## 2. Динаміка накопичення сухої речовини посівами гібридів кукурудзи залежно від удобрення (середнє за 2016 – 2019 рр.), т/га

Варіант удобрення	Трубіж СВ			Заїслав М			Гідний		
	стадія ВВСН								
	15	19	65	15	19	65	15	19	65
Без добрив (контроль)	0,09	1,12	3,52	0,08	1,10	3,28	0,07	1,27	3,87
Побічна продукція попередника (фон)	0,09	1,22	3,79	0,08	1,23	3,77	0,08	1,58	4,57
$N_{60}P_{45}K_{60}^*$	0,16	1,70	5,46	0,13	1,58	5,15	0,12	1,93	6,83
Фон + $N_{60}P_{45}K_{60}$	0,17	1,86	5,49	0,12	1,71	5,24	0,13	1,97	7,31
Фон + $N_{120}P_{45}K_{60}^{**}$	0,23	2,15	7,02	0,18	2,03	6,42	0,17	2,30	8,29
Фон + $N_{120}P_{90}K_{120}$	0,23	2,30	7,65	0,17	2,07	7,19	0,18	2,81	9,41
Фон + $N_{180}P_{120}K_{180}$	0,27	2,78	8,66	0,22	2,86	8,36	0,22	3,01	11,68
Фон + $N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га)	0,30	2,90	9,34	0,21	3,01	9,14	0,19	3,43	13,56
Середнє	0,19	2,00	6,37	0,15	1,95	6,07	0,15	2,29	8,19
$S_{\bar{x}}$	0,03	0,23	0,76	0,02	0,25	0,74	0,02	0,26	1,17
V, %	40,7	32,8	33,8	36,7	35,8	34,5	37,0	32,5	40,5
S	0,1	0,7	2,2	0,1	0,7	2,1	0,1	0,7	3,3

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

високопродуктивний гібрид Гідний упродовж вегетації вирізнявся найвищою серед трьох гібридів концентрацією калію в рослинах, що підтверджує важливу роль цього елемента в живленні кукурудзи.

Відмінності в накопиченні хімічних елементів у рослинах кукурудзи впродовж вегетації були зумовлені безпосередньо впливом агрохімічного навантаження технології вирощування та сортовими особливостями гібридів, а у фазі цвітіння (стадія ВВСН 65) – додатково ще й ефектом так званого «ростового розбавлення», тобто витратою на утворення більшої біомаси й сухої речовини, особливо за азотом (табл. 2).

Гібрид Трубіж СВ вирізняється поміж інших швидким стартовим ростом та накопиченням сухої речовини, особливо за внесення мінеральних добрив. Натомість посіви гібридів Заїслав М та особливо Гідний

повільніше нагромаджували біомасу на початкових стадіях росту й розвитку. Проте до стадії ВВСН 19 середньоранній гібрид Гідний значно переважав обидва ранньостиглі гібриди за накопиченням сухої речовини, особливо за внесення високих норм мінеральних добрив  $N_{180-240}P_{120}K_{180-240}$  на фоні побічної продукції попередника. У цих варіантах удобрення на стадії ВВСН 65 (фаза цвітіння) посівами гібриду Трубіж СВ накопичувалося 8,66–9,34 т/га сухої речовини, гібриду Заїслав М – 8,36–9,14 т/га, гібриду Гідний – 11,68–13,56 т/га.

Хоча серед ранньостиглих форм з однаковою тривалістю вегетаційного періоду концентрація азоту, фосфору та на стадії ВВСН 19 – калію, більшою була в рослинах гібриду Заїслав М, це не реалізувалося у формуванні вищої врожайності (табл. 3).

Навпаки, в усіх варіантах досліду, крім контрольного спостерігалася тен-

денція до переваги за рівнем врожаю та його приростів від удобрення гібриду Трубіж СВ, хоча й у межах НІР<sub>05</sub>, а середньоранній гібрид Гідний суттєво переважав ранньостиглі Трубіж СВ та Заїслав М. Так, у середньому за усіх варіантів удобрення врожайність кукурудзи гібриду Гідний становила  $8,18 \pm 0,71$  т/га, гібриду Трубіж СВ –  $7,28 \pm 0,59$ , Заїслав М –  $7,18 \pm 0,57$  т/га. Найвищий врожай посівами гібридів сформовано за внесення  $N_{240}P_{120}K_{240}$  на фоні побічної продукції попередника – відповідно 12,1; 10,39 і 10,08 т/га. Тут забезпечено й найвищі прирости врожайності від удобрення на рівні 8,07; 6,59 та 6,27 т/га.

У розрізі варіантів удобрення вищу врожайність усі гібриди формували за зростаючих норм мінеральних добрив, що супроводжувалося накопиченням і більшої кількості азоту, фосфору й калію в рослинах,

окрім внесення розрахованої балансовим методом норми  $N_{240}P_{120}K_{240}$  на планову врожайність 10 т/га. Особливо чітко остання закономірність проявилась унаслідок «ростового розбавлення» за вирощування середньораннього гібриду Гідний, який у середньому за 2016 – 2019 рр. сформував врожай зерна на рівні 12,1 т/га, що на 21 % вище запланованого.

Концентрація азоту в рослинах цього гібрида за стадіями ВВСН 15, 19 і 65 у варіанті фон+ $N_{240}P_{120}K_{240}$  відповідно становила 3,00; 2,65 і 1,75 %, тоді як за внесення  $N_{180}P_{120}K_{180}$  на фоні побічної продукції попередника була більшою – 3,49; 2,77 і 1,86 %. Щодо вмісту фосфору, то він також був меншим за максимальної дози мінеральних добрив – 0,83; 0,65 і 0,48 % проти 1,01; 0,79 і 0,60 % у варіанті фон+ $N_{180}P_{120}K_{180}$ . За калієм різниця між цими варіантами була іс-

### 3. Урожайність гібридів кукурудзи та приріст їх врожаю від удобрення (середнє за 2016 – 2019 рр.), т/га

Варіант удобрення	Урожайність			Приріст урожаю від удобрення		
	Трубіж СВ	Заїслав М	Гідний	Трубіж СВ	Заїслав М	Гідний
Без добрив (контроль)	3,8	3,81	4,03	-	-	-
Побічна продукція попередника (фон)	4,29	4,11	4,54	0,49	0,3	0,51
$N_{60}P_{45}K_{60}$ *	6,75	6,62	7,64	2,95	2,81	3,61
Фон+ $N_{60}P_{45}K_{60}$	6,78	6,81	7,42	2,98	3,0	3,39
Фон+ $N_{120}P_{90}K_{120}$ **	7,56	7,79	8,76	3,76	3,98	4,73
Фон+ $N_{120}P_{90}K_{120}$	8,77	8,63	9,73	4,97	4,82	5,7
Фон+ $N_{180}P_{120}K_{180}$	9,87	9,56	11,21	6,07	5,75	7,18
Фон+ $N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га)	10,39	10,08	12,1	6,59	6,27	8,07
Середнє	7,28	7,18	8,18			
$S_{\bar{x}}$	0,59	0,57	0,71			
$V, \%$	28,6	28,0	30,7			
S	2,05	1,98	2,46			
НІР <sub>05</sub> =0,35						
Частка впливу фактора, %: «рік» – 7,5; «гібрид» – 6,0; «удобрення» – 85,6; інші – 0,9.						

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



#### 4. Кореляційні зв'язки між урожайністю та вмістом азоту, фосфору, калію в рослинах кукурудзи за стадіями розвитку (середнє за 2016 – 2019 рр.)

ВВСН 15			ВВСН 19			ВВСН 65		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Гібрид Трубіж СВ								
0,865	0,589	0,918	0,920	0,702	0,838	0,915	0,738	0,820
Гібрид Заїслав М								
0,934	0,470	0,912	0,763	0,397	0,859	0,904	0,806	0,871
Гібрид Гідний								
0,760	0,771	0,878	0,929	0,712	0,755	0,870	0,334	0,943

тотною на стадії ВВСН 19, а на інших стадіях спостерігали лише відповідну тенденцію.

За результатами кореляційного аналізу виявлено спільні особливості та сортову специфіку залежності врожайності гібридів кукурудзи та концентрації в рослинах хімічних елементів живлення (табл. 4). Так, усі три гібриди, що вивчали в дослідженнях, характеризувалися високою тіснотою кореляційних зв'язків за азотом ( $r = 0,760\text{--}0,934$ ) та калієм ( $r = 0,755\text{--}0,943$ ) на противагу фосфору, де ці зв'язки в деяких випадках були середньої сили ( $r = 0,334\text{--}0,589$ ) та лише частково – тісними ( $r = 0,702\text{--}0,806$ ). Висновок про високу залежність врожайності культури від забезпеченості азотом підтверджують дослідження Мікова, А. зі співавторами, проведені впродовж 17-ти років, де вплив азотних добрив на приріст врожаю зерна кукурудзи сягав 72 %, а вплив інших чинників був значно меншим (Mikova et al., 2013).

За вирощування середньораннього найпродуктивнішого в досліді гібриду Гідний кореляційні зв'язки між врожайністю та концентрацією фосфору були середньої сили на стадії ВВСН 65 з  $r = 0,334$ . Кращий серед ранньостиглих гібридів Трубіж СВ характеризувався зв'язками середньої

сили за фосфором на стадії ВВСН 15 ( $r = 0,589$ ). Між вмістом фосфору в рослинах та врожайністю ранньостиглого гібриду Заїслав М виявлено зв'язки середньої сили на стадіях ВВСН 15 і 19 ( $r = 0,470$  і  $0,397$ ). Отже, формування продуктивності кукурудзи найменше залежить від концентрації фосфору в рослинах за вирощування культури на темно-сірому опідзоленому ґрунті.

#### Висновки і перспективи.

Виявлено сортову специфіку накопичення азоту, фосфору та калію рослинами кукурудзи в онтогенезі. Серед ранньостиглих форм гібрид Заїслав М характеризується вищим умістом хімічних елементів живлення в рослинах, а гібрид Трубіж СВ відзначається генетично зумовленою високою ефективністю використання хімічних елементів на створення одиниці врожаю. Середньоранній високопродуктивний гібрид Гідний упродовж вегетації вирізняється найвищою концентрацією калію в рослинах.

Максимальна реалізація потенціалу продуктивності кукурудзи досягається за високого агрохімічного навантаження технології вирощування, що передбачає внесення мінеральних добрив у нормах N<sub>180-240</sub> P<sub>120</sub> K<sub>180-240</sub> на

фоні побічної продукції попередника (соломи пшениці озимої). Найвищий господарський врожай гібриду Гідний із ФАО 280 (11,21–12,10 т/га зерна) сформовано посівами кукурудзи з умістом в рослинах на стадії ВВСН 65 азоту – 1,75–1,86 %, фосфору – 0,48–0,60 % та калію – 2,07–2,09 %. Ранньостиглі гібриди Трубіж СВ і Заїслав М із нижчим потенціалом продуктивності забезпечили врожайність 9,56–10,39 т/га за концентрації цих хімічних елементів у фазі цвітіння (ВВСН 65) на рівні 1,70–2,01; 0,51–0,56 і 1,74–2,03 %.

Виявлено перспективність використання рослинної діагностики за вмістом калію та азоту для оптимізації мінерального живлення та прогнозування врожайності кукурудзи за вирощування на темно-сірому опідзоленому ґрунті Лісостепу з дуже низьким рівнем забезпеченості азотом, підвищеним і високим – калієм та фосфором.

### References

1. Birjukova, O. A., El'nikov, I. I., Kryshchenko, V. S. (2010). Operativnaja diagnostika pitanija rastenij [Rapid diagnosis of plant nutrition]. Rostov na Donu: Izd-vo JuFU, 168 p.
2. Cerling, V. V. (1990). Diagnostika pitanija sel'skohozjajstvennykh kul'tur: Spravochnik [Crop nutrition diagnostics: a handbook]. Moskva: Agropromizdat, 235 p.
3. Chaban, V. I., Kliavzo, S. P., Podobed, O. Yu. (2014). Vmist khimichnykh elementiv v roslinakh kukurudzy ta otsinka mineralnogo zhyvlennia [Content of chemical elements in maize plants and evaluation of mineral nutrition]. Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy, 7: 27-32.
4. Gorshkova, M. A. (1981). Urovni-gradacii obespechennosti razlichnykh zernovykh kul'tur azotom, fosforom i kaliem na pochvah razlichnykh tipov [Levels-gradations of the provision of various grain crops with nitrogen, phosphorus and potassium on soils of various types]. Agrohimiya, 1: 65-71.
5. Hladkikh, Ye. Yu., Krupoderia, Yu. O., Panasenko, Ye. V. (2016). Rol okremykh elementiv zhyvlennia u pidvyshchenni stresostiosti roslin za ekstremalnykh pohodnykh umov [The role of individual nutrients in increasing the stress resistance of plants in extreme weather conditions]. Liudyna ta dovkillia. Problemy neoeokolohii, 1-2(25) : 55-63.
6. Kaminskyi, V. F., Saiko, V. F., Dushko, M. V. et al. (2017). Naukovi osnovy efektyvnosti vykorystannia vyrobnychykh resursiv u riznykh modeliakh tekhnolohii vyroshchuvannia zernovykh kultur: monohrafiia [Scientific bases of efficiency of use of production resources in various models of technology of cultivation of grain crops: monograph]. Kyiv: Vydavnychiy dim «Vinichenko», 580.
7. Koren'kov, D. A. (1990). Mineral'nye udobreniya pri intensivnykh tehnologiyah [Mineral fertilizers with intensive technologies.]. Moskva: Rosagropromizdat, 192 p.
8. Mikova, A., Alexandrova, P., Dimitrov, I. (2013). Maize grain yield response to N fertilization, climate and hybrids. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19(3) : 454-460.
9. Miroshnychenko, M. M., Hladkikh, Ye. Yu., Revtie-Uvarova, A. V. et al. (2018). Optymizatsiia zhyvlennia silskohospodarskykh kultur [Optimization of crop nutrition]. Ahrokhimiia i gruntoznastvo, 87 : 82-91.
10. Nad, Ya. (2012). Kukurudza [Corn]. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu., 580.
11. Nosko, B. S., Buka, A. Ya., Yurko, K. P. (1992). Optymizatsiia azotnoho zhyvlennia roslin pry intensyvykh tekhnolohiiakh [Optimization of nitrogen nutrition of plants with intensive technologies]. Za red B. S. Noska, A. Ya. Buky. Kyiv: Urozhai, 136.
12. Pashchenko, Yu. M., Borysov, V. M., Shyshkina, O. Yu. (2009). Adaptivni i resursozberezhni tekhnolohii vyroshchuvannia hibrivid kukurudzy: monohrafiia [Adaptive and

- resource-saving technologies for growing maize hybrids: monograph]. Dnipropetrovsk: Art-pres, 224.
13. Serna-Saldivar, Sergio O., Ed. (2019). Corn: Chemistry and Technology. 3rd edition. Woodhead Publishing and AACC International Press, 690. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-01986-1>
14. Shpaar, D., Hinapp, K., Dreher, D. et al. (2009). Kukurudza. Vyroshchuvannya, zbyrannia, konservuvannya i vykorystannia. [Corn: growing, harvesting, storing and using]. Kyiv: Alfa-steviiia LTD, 399.
15. Shvartau, V. V., Mykhalska, S. I., Mykhalska, L. M. (2019). Zminy ionomu henetychno modyfikovanykh roslyn kukurudzy z dvolantsiuhovym RNK-supresorom hena prolindehidrohenazy [Ion changes of genetically modified maize plants with double-stranded RNA suppressor of the proline dehydrogenase gene]. Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy, 7 : 103-104.
- 

**N. M. Asanishvili (2020). OPTIMIZATION OF MINERAL NUTRITION OF MAIZE HYBRIDS ON THE BASIS OF PLANT DIAGNOSTICS. PLANT AND SOIL SCIENCE, 11(3): 22–32. <https://doi.org/10.31548/agr2020.03.022>**

**Abstract.** The article presents the results of research conducted during 2016-2019 on the impact of different rates of mineral fertilizers and by-products of the predecessor on the content of chemical nutrients in plants and the yield of maize hybrids in the Forest-Steppe. The aim of the research was to establish the peculiarities of nitrogen, phosphorus and potassium accumulation in maize plants in ontogenesis in relation to the yield of hybrids of early and middle-early maturity groups to optimize the mineral nutrition of the crop. The research was conducted on dark gray wooded soil using field, chemical, calculation-weight and mathematical-statistical methods. According to the stages of growth and development of BBCH, the peculiarities of the dynamics of nitrogen, phosphorus and potassium content in plants of hybrids with FAO 190 and 280 depending on the agrochemical load of growing technology are established. Varietal regularities of concentration of chemical elements in maize plants in connection with the accumulation of dry matter by crops in ontogenesis and yield were revealed. Hybrids with the corresponding genetically determined level of nitrogen, phosphorus and potassium content in plants have been identified and its influence on the realization of genotype productivity potential has been shown. The decisive role of potassium and nitrogen in the formation of the corn crop on dark gray wooded soil has been experimentally proved and confirmed on the basis of statistical and correlation analyzes. All hybrids were characterized by high tightness of correlations between yield and content in plants of nitrogen ( $r = 0.760-0.934$ ) and potassium ( $r = 0.755-0.943$ ) during the growing season as opposed to phosphorus, where these connections were of medium strength ( $r = 0.334-0.589$ ) and only partially close ( $r = 0.702-0.806$ ). According to the results of plant diagnostics of mineral nutrition of plants, the most effective growing technologies with different agrochemical loading are singled out, which ensure the yield of early and middle-early maize hybrids in agro-climatic conditions of the Forest-Steppe at 9.56–10.39 and 11.21–12.10 t / ha.

**Keywords:** corn, mineral fertilizers, by - products of the predecessor, nitrogen, phosphorus, potassium, supply of plant, yield.

---