

The effect of fertilizer systems on the main nutrition elements content in soil and winter wheat yield components

I. Korotkova ✉ | V. Karasenko

Article info

Correspondence Author

I. Korotkova

E-mail:

2irinakorotkova10@gmail.com

Poltava State Agrarian University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Citation: Korotkova, I., & Karasenko, V. (2023). The effect of fertilizer systems on the main nutrition elements content in soil and winter wheat yield components. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 15–20. doi: 10.31210/spi2023.26.02.03

The obtaining grain of high and stable quality largely depends on a scientifically based method of the fertilizers applying in combination with growth stimulators and microelements that activate the life plants processes, increase yield and quality of products, strengthen the protective potential and improve tolerance to adverse cultivation conditions. The study aim is to determine the effectiveness of the mineral fertilizers with humic preparation mixtures on the dynamics of the main nutrients content (nitrogen, phosphorus and potassium) in the soil and on the winter wheat yield components. The experimental study was carried on typical heavy loam chernozems in the Poltava regions using soft winter wheat Podolyanka cultivar. The experimental design provided for six fertilization systems: ammonium nitrate, urea, carbamide-ammonia mixture (CAM) and their mixtures with Humisol-prima. The experimental design provided for six fertilization systems: ammonium nitrate, urea, carbamide-ammonia mixture and their mixtures with Humisol-prima. The significant effect of the nitrogen fertilizers mixtures with humic preparation: urea + Humisol-prima and CAM + Humisol-prima on the nutrients' accumulation in the soil were determined. The use of the urea + Humisol-prima mixture contributed to an increase in the alkaline hydrolysable nitrogen content by 6.1 %, total nitrogen content by 14 %, mobile phosphorus – by 18.8 %, and exchangeable potassium – by 23 % compared to pure urea. The maximum increase in the main nutrients content in the soil was observed when applying of CAM + Humisol-prima (1:1) mixture compared to the use of pure CAM: alkaline hydrolysable nitrogen – by 8 %, total nitrogen – by 17 %, mobile phosphorus – by 24.1 % and exchangeable potassium – by 23 %. The use of mixtures of nitrogen fertilizers with a humic preparation ensured an intensive increase in the main indicators of the yield structure elements. It was found that obtaining maximum values of the yield structure elements is possible under using of CAM + Humisol-prima mixture (relative to pure CAM): an increase in productive tillering by 17.1 %, grain weight per spike – by 22.4 %, 1000-grain weight – by 11 %.

Keywords: winter wheat, humic preparations, alkaline hydrolysable nitrogen, total nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium, yield components.

Вплив систем удобрення на вміст основних елементів живлення у ґрунті та компоненти урожаю пшениці озимої

I. В. Короткова | В. М. Карасенко

Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Отримання зерна високої та сталої якості в значній мірі залежить від науково обґрунтованого способу внесення добрив у поєднанні зі стимуляторами росту й мікроелементами, які активізують життєві процеси рослин, підвищують урожайність та якість продукції, посилюють захисний потенціал і покращують толерантність до несприятливих умов вирощування. Мета дослідження – визначення ефективності впливу сумішей мінеральних добрив з гуміновим препаратом на динаміку вмісту основних елементів живлення (азоту, фосфору та калію) в ґрунті та компоненти врожаю пшениці озимої. Дослідження проводилося в умовах Полтавської області на чорноземах типових важко суглинкових з використанням пшениці озимої м'якої сорту Подолянка. Варіанти досліду передбачали шість систем удобрення: аміачна селітра, карбамід, КАС та їх суміші з Гумісол-прима. Визначено суттєвий вплив сумішей азотних добрив з гуміновим препаратом: карбамід + Гумісол-прима та КАС + Гумісол-прима на накопичення елементів живлення у ґрунті. Застосування суміші карбамід + Гумісол-прима сприяло збільшенню вмісту (порівняно з чистим карбамідом): лужногідролізованого азоту – на 6,1 %, загального азоту – на 14 %, рухомого фосфору – на 18,8 %, обмінного калію – на 23 %. Максимальне збільшення вмісту основних елементів живлення у ґрунті спостерігали за внесення суміші КАС + Гумісол-прима (1:1) порівняно з використанням чистої КАС: лужногідролізованого азоту – на 8 %, загального азоту – на 17 %, рухомого фосфору – на 24,1 % і обмінного калію – на 23 %. Використання сумішей азотних добрив з гуміновим препаратом забезпечило інтенсивне збільшення показників основних елементів структури врожайності. Встановлено, що отримання максимальних значень компонентів врожаю пшениці озимої можливе за використання суміші КАС + Гумісол-прима (відносно чистої КАС): збільшення продуктивного кущення на 17,1 %, маси зерна з одного колоса – на 22,4 %, ваги 1000 зерен – на 11 %.

Ключові слова: пшениця озима, гумінові препарати, лужногідролізований азот, загальний азот, рухомий фосфор, обмінний калій, компоненти врожаю.

Бібліографічний опис для цитування: Короткова І. В., Карасенко В. М. Вплив систем удобрення на вміст основних елементів живлення у ґрунті та компоненти урожаю пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (2). С. 15–20.

Вступ

Пшениця є однією з найважливіших зернових культур, що вирощуються на планеті. Станом на 2021 рік пшениця вирощувалась приблизно на 217 мільйонах гектарах землі в усьому світі, що робить її найпоширенішою культурою у світі. Серед усіх країн у світі, що займаються вирощуванням пшениці, Україна посідає сьоме місце та, за прогнозами, повинна була стати п'ятим за величиною експортером у 2021/22 маркетингових роках. У 2021 році український експорт пшениці здійснювався до Єгипту, Індонезії, Туреччини, Пакистану та Бангладеш і оцінювався в 5,1 млрд доларів. До лютого 2022 року Україна відвантажила приблизно 95 відсотків очікуваного експорту пшениці за маркетинговий рік [1].

Серед усіх зернових в Україні пшениця озима становить близько 97 відсотків загального виробництва пшениці. Посівні площі під озимими зерновими в Україні становлять близько 8 мільйонів гектарів і до 7 мільйонів із них щорічно займає пшениця [2]. Сучасне сільськогосподарське виробництво має в своєму розпорядженні багато ефективних засобів підвищення врожайності пшениці. Відносно технології вирощування пшениці озимої, то отримання зерна високої та сталої якості значною мірою залежить від науково обґрунтованого способу внесення добрив у поєднанні зі стимуляторами росту й мікроелементами, які активізують життєві процеси рослин, підвищують урожайність та якість продукції, посилюють захисний потенціал і покращують толерантність до несприятливих умов вирощування [3].

Особливої актуальності наразі набувають технології з використанням гумінових речовин, які можуть взаємодіяти з органічними молекулами ксенобіотиків, такими як пестициди, і впливати на доступність поживних речовин (N, S, P), особливо тих, які присутні в ґрунті в дуже низькій концентрації [4, 5]. Крім того, вони здатні здійснювати різні морфологічні, та біохімічні ефекти протягом вегетації рослин [6, 7]. Ці позитивні ефекти пояснюються взаємодією між гуміновими сполуками та фізіологічними і метаболічними процесами, які відбуваються у рослинах. Додавання гумінових речовин стимулює поглинання поживних речовин, проникність клітин і, регулює механізми, що беруть участь у стимуляції росту рослин [8–10].

Важливу роль відіграють гумінові речовини окремо або в поєднанні з мінеральними добривами в регулюванні впливу несприятливих погодних умов, забезпечуючи стійкість рослин до посухи або надлишку вологи при вирощуванні зернових культур в богарних умовах [11–13].

Їх дія в початковий період розвитку рослин, особливо гумінової кислоти, і в період, коли зовнішні умови створюють стрес для рослин (при посухах або заморозках) є вирішальною [14–17], особливо при вирощуванні зернових культур в умовах Лісостепу України, а, отже, і в Полтавській області. Встановлено, що використання гумінових препаратів у живленні сільськогосподарських культур може зменшити негативну дію нестачі вологи до 20 % [18].

Отже, для отримання високих і стійких урожаїв пшениці озимої необхідним фактором є керування ростом і розвитком культур за допомогою відповідних агротехнічних заходів [19, 20], які включають оптимальні способи живлення культури з використанням препаратів природного походження, що дозволяє отримувати екологічно чисту продукцію і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у визначенні ефективності впливу сумішей мінеральних добрив з гуміновим препаратом на динаміку вмісту основних елементів живлення (азоту, фосфору і калію) в ґрунті та компоненти врожаю пшениці озимої.

Завдання дослідження: провести аналіз впливу мінеральних добрив та їх сумішей з гуміновим препаратом на вміст азоту, фосфору та калію у верхньому шарі ґрунту 0–20 см перед посівом пшениці озимої; встановити залежність елементів структури врожаю пшениці озимої від варіантів живлення та визначити такий, що призводить до максимального ефекту.

Матеріали і методи

Полеві дослідження проводилися в умовах СТОВ «Агрофірма Оржицька» Оржицького району Полтавської області в продовж 2019–2022 років. Для проведення дослідження було обрано пшеницю озиму м'яку сорту Подольанка.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий важко суглинковий з вмістом гумусу в орному шарі 4,8–5,1%, $pH_{KCl} = 5,7$, вміст фосфору – 8,9 мг/кг ґрунту, вміст азоту загального – 14,6 мг/кг (лужно-гідролізованого – 10,3 мг/кг), вміст калію – 68,7 мг/кг.

Оскільки вміст нітрогену в ґрунті достатньо низький (14,6 мг/кг), з метою збагачення ґрунту азотом, як попередник використовували горох. Після збирання попередника проводили дискування ґрунту на глибину 8–10 см дисковим знаряддям БДТ-7, під час якого більшу частину рослинних залишків гороху перемішали та заклали в ґрунт. Після в ґрунт були внесені мінеральні та комбіновані добрива. Основний обробіток ґрунту включав оранку на глибину 10–12 см плугом навісним КПС-4.

Передпосівний обробіток включав культивування ґрунту з боронуванням на глибину 5–6 см. Перед посівом насіння пшениці озимої обробили фунгіцидом Максим, КС з розрахунку – 2 л/т (діюча речовина – 25 г/л флудіоксонілу) для захисту від хвороб, що передаються з насінням і через ґрунт.

Спосіб сівби насіння – звичайний рядковий. Норма висіву насіння становила – 5,5–6,0 млн штук схожого насіння на гектар. Загортання насіння при сівбі проводили на глибину 6–8 см, після чого проводили коткування за допомогою знаряддя ЗККШ-6.

Посівна площа земельної ділянки – 1 га, облікова – 0,8 га. Повторність досліду триразова, розміщення варіантів рендомізоване.

У весняний період (у фазу кущення) для боротьби з дводольними бур'янами посіви пшениці обприскували гербіцидом Пріма, SE (0,5 л/га), витрата робочої рідини – 200 л/га.

Захист посівів від шкідників проводили за допомогою інсектициду фосфорорганічного походження Акцент (діюча речовина диметоат) з розрахунку – 1,5 л/га. Як фунгіцид використовували Імпакт 25 SC (діюча речовина флутриафол) – 0,5 л/га.

Схема удобрення передбачала:

1. Під час основного обробітку ґрунту, задля задовільного живлення рослин пшениці впродовж всієї вегетації та для посиленого розвитку кореневої системи культури, підвищення стійкості до морозів вносили нітроамофоску з NPK 8:24:24 на всі дослідні ділянки

2. Весняне підживлення (регенеративне) проводилось у фазу «вихід у трубку» і включало такі варіанти удобрення:

Варіант 1: Аміачна селітра, 120 кг/га.

Варіант 2: Карбамід, 100 кг/га.

Варіант 3: Карбамідно-аміачна суміш (КАС-32), 100 кг/га.

Варіант 4: Суміш аміачної селітри і Гумісол-пріма (1 : 1).

Варіант 5: Суміш карбаміду і Гумісол-пріма (1 : 1).

Варіант 6: Суміш КАС і Гумісол-пріма (1 : 1).

Представником гумінових препаратів було обрано препарат Гумісол-пріма, який містить такі діючі речовини: азот, оксид фосфору, оксид калію, магній, сірка; мікроелементи (Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Co, B, Se), гумінові речовини (гумати та фульвові кислоти). Концентрація діючої речовини: гумінові речовини, 1,0–5,0 % + N, не менше 0,01 % + P₂O₅, не менше 0,01 % + K₂O, не менше 0,01 % + мікроелементи [21].

Норма внесення робочого розчину Гумісол-пріма становила 250 л/га.

3. Вдруге, підживлення проводили в таких же варіантах на IV етапі органогенезу (у фазу «початок колосіння»), одразу після внесення гербіциду.

Збирання врожаю проводили у фазі повної стиглості прямим комбайнуванням.

Визначення вмісту макроелементів (N, P, K) у ґрунті дослідних ділянок виконували у лабораторії Загальної біотехнології Полтавського державного аграрного університету за допомогою Фотометру компанії Palintest, призначеного для аналізу ґрунту на вміст макро- та мікроелементів (нітрати, нітроти,

фосфати, калій, магній, кальцій, алюміній, амоніак, хлориди, мідь, залізо, манган, сульфати).

Результати та їх обговорення

Всі добрива, що досліджуються, різняться за вмістом елементів живлення та способом засвоєння їх рослинами. Мінеральні азотні добрива представлені в амонійній, нітратній і амідній формах. Рослини мають доступ до амонійного та нітратного азоту, тоді як амідний азот безпосередньо недоступний рослинам, а може бути використаний ними після його перетворення в амонійну форму під впливом ферменту уреаз.

Традиційне азотне добриво – аміачна селітра, що містить азот у двох формах: амонійній (17 %) і нітратній (17 %), який одразу після внесення потрапляє до кореневої системи рослини. Загальний вміст азоту в селітрі становить у середньому 25–35 %.

Другий варіант удобрення представлений карбамідом, в якому переважна форма азоту – амідна, яка достатньо легко засвоюється рослинами. Вміст азоту досягає ~ 46 %.

Третій варіант азотного добрива – карбамідно-аміачна суміш (КАС), яка містить одночасно всі три форми азоту: 16 % – азоту амідного, 8 % – амонійного, 8 % – нітратного. На відміну від інших дорив, амонійний азот з КАС не потрапляє безпосередньо до рослини, а накопичується у ґрунті. Амідний азот легко потрапляє через листову пластинку, але під дією тепла та ґрунтових мікроорганізмів поступово через амонійну форму перетворюється в нітратну. Саме тому дане добриво має пролонговану дію. Залежно від виробника вміст карбаміду та нітратного азоту в КАС може варіювати та становити від ~ 32–38 % і 38–41 % відповідно.

При використанні будь-якого азотного добрива, слід враховувати втрати азоту через випаровування NH₃. Найвищий відсоток азоту втрачає карбамід (до 40 %), аміачна селітра (до 20 %) і найменша кількість азоту втрачається при використанні КАС (3–5 %). Тому, для досягнення високої продуктивності будь-якої культури необхідно здійснювати моніторинг елементів живлення протягом всього процесу вирощування, починаючи з їх визначення у ґрунті перед висівом насіння.

Нами проведено визначення вмісту основних елементів живлення (N, P, K) у верхньому шарі ґрунту дослідних ділянок (таблиця 1).

Таблиця 1

Вміст основних елементів живлення рослин пшениці у ґрунті дослідних ділянок, мг/кг ґрунту

Варіант досліду	N загальний	N лужногідролізований	P	K
Аміачна селітра	17,3	12,2	10,1	78,6
Карбамід	18,6	14,8	12,2	84,5
КАС	22,3	16,1	13,7	92,2
Аміачна селітра + Гумісол-пріма	19,0	12,8	11,2	97,1
Карбамід + Гумісол-пріма	21,2	15,7	14,5	105,6
КАС + Гумісол-пріма	26,0	17,4	17,0	113,2

Отримані результати свідчать, що внесення різних форм добрив сприяє збільшенню концентрації поживних елементів у ґрунті, але ступінь їх впливу

неоднозначна. Найменший вміст всіх поживних елементів спостерігали на ділянці, удобреній аміачною селітрою, але у порівнянні з ґрунтом до

внесення селітри (фон) вміст фосфору збільшився на 13,5 %, вміст азоту загального – на 18,5 %, вміст калію – на 14,6 %.

Сумісне внесення азотних добрив з гуміновим препаратом Гумісол-прима сприяло збільшенню вмісту азоту загального при використанні аміачної селітри + Гумісол-прима – на 10 %, карбаміду + Гумісол-прима – на 14 % і КАС + Гумісол-прима – на 17 % відносно монодобрив, тобто, аміачної селітри, карбаміду та КАС відповідно. Також, спостерігали збільшення вмісту лужно-гідролізованого азоту, який корелював зі зростанням загального азоту, приріст становив ~ 5,0 %, 6,1 % та 8,0 % внаслідок внесення аміачної селітри + Гумісол-прима, карбаміду + Гумісол-прима і КАС + Гумісол-прима відповідно.

Суттєво змінився вміст фосфору в ґрунті в наслідок внесення вказаних сумішей. Так, найбільше збільшення вмісту фосфору (24,1 %) спостерігали на

ділянках, де в ґрунт вносили суміш КАС + Гумісол-прима. На ділянках, де вносили суміші аміачної селітри + Гумісол-прима та карбаміду + Гумісол-прима збільшення вмісту фосфору становило ~11 % та 18,8 % відповідно.

Вміст обмінного калію у ґрунті також не залишився незмінним, його збільшення на всіх ділянках після внесення у ґрунт дослідних сумішей азотних добрив спостерігали на ділянці, удобреній сумішшю КАС+Гумісол-прима. Вміст азоту збільшився на 17 %, фосфору – на 24,1 %, калію – на 23 %.

Таким чином, максимальний ефект на накопичення азоту, фосфору та калію у ґрунті в наслідок внесення добрив спостерігали на ділянці, удобреній сумішшю КАС+Гумісол-прима. Вміст азоту збільшився на 17 %, фосфору – на 24,1 %, калію – на 23 %.

Результати аналізу впливу форм добрив на компоненти врожаю пшениці озимої сорту Подолянка представлені на рисунку 1. Аналіз даних дозволяє оцінити роль різних форм добрив у формуванні врожайності пшениці озимої сорту Подолянка.

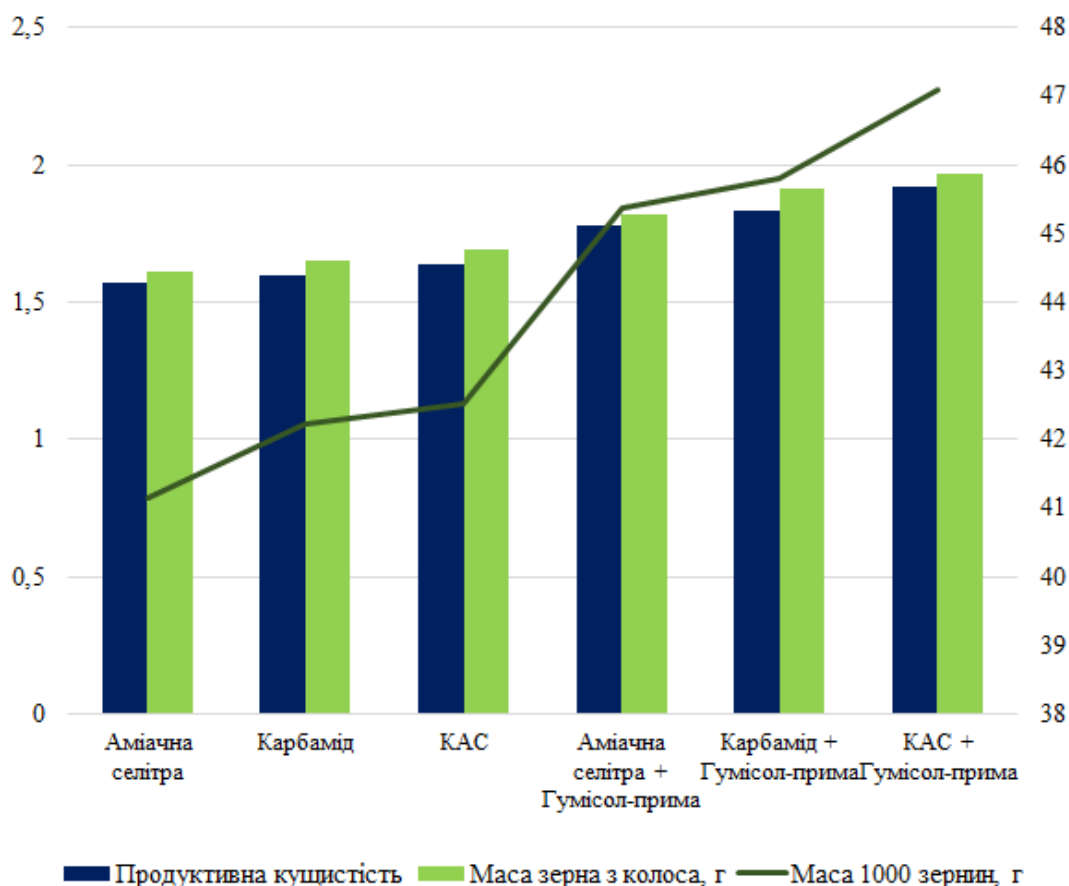


Рис. 1. Компоненти врожаю пшениці озимої сорту Подолянка за різних варіантів удобрення (середній показник)

Найвищий показник продуктивного куцання рослин пшениці (1,92) спостерігали на варіанті, де для удобрення використовували карбамідно-аміачну суміш + Гумісол-прима. Даний показник перевищував показник продуктивного куцання на варіантах із застосування суміші аміачна селітра + Гумісол-прима на ~ 8,0 % та карбамід + Гумісол-прима на ~ 4,0 %. Суттєво відрізнялось продуктивне куцання рослин пшениці на ділянках, де застосовували суміші азотних добрив з гуміновим препаратом

від ділянок, які удобрювались лише азотними добривами. Перевищення складало: 13,4 % для аміачної селітри + Гумісол-прима відносно аміачної селітри; 14,3 % для суміші карбамід + Гумісол-прима відносно чистого карбаміду і 17,1 % для суміші КАС + Гумісол-прима в порівнянні з чистою КАС.

Оскільки продуктивне куцання пов'язане з масою зерна з однієї рослини, в даній роботі спостерігали пряму залежність між даними показниками. Найменшу масу зерна з колоса було отримано

на ділянках, де вносили аміачну селітру (1,61 г), а найбільшу – на ділянках з використання суміші КАС + Гумісол-прима (1,97 г), таким чином, збільшення маси зерна становило 22,4 %. Порівняння маси зерна з колоса на варіантах з використанням чистих азотних добрив показало, що найбільш ефективно на даний показник вплинула карбамідно-аміачна суміш. Збільшення маси зерна становило 5 % у порівнянні з аміачною селітрою і лише 2,5 % у порівнянні з карбамідом.

В багатьох експериментальних роботах встановлено, що додавання гумінових препаратів до мінеральних добрив, зокрема азотних, призводить до збільшення кількості зерен в колосі, їх ваги та маси 1000 зернин [53, 54]. Аналогічну залежність спостерігали і в даній роботі.

Отримані результати свідчать, що ефект від удобрення сумішами азотних добрив з гуматом був більш суттєвим у порівнянні з дією чистих азотних добрив на всі компоненти врожаю, у тому числі і на масу 1000 зернин. Серед чистих азотних добрив найбільш ефективним виявилась КАС стосовно впливу на масу 1000 зернин. На ділянках, де удобрення проводили карбамідно-аміачною сумішшю маса 1000 зерен на 5,8 % перевищували цей показник на варіанті з використанням аміачної селітри і на 2,6 % – на варіанті з використанням карбаміду.

Вага 1000 зерен залежно від варіанту удобрення коливалась в межах 41,14–47,10 г. Найвищий показник ваги (47,10 г) отримали з рослин, де в ґрунт вносили КАС + Гумісол-прима, це на 11 % вище, ніж при застосуванні чистої КАС та на 14,5 % у порівнянні з аміачною селітрою.

Таким чином, на формування елементів структури врожаю значною мірою вплинуло удобрення ґрунту сумішами мінеральних добрив з гуміновим препаратом. Із застосуванням таких сумішей продуктивна куцистість рослин та маса зерна з колоса збільшились в середньому на 15 %, маса 1000 насінин – на 10 % у порівнянні з даним показником, отриманим на ділянках з використанням чистих мінеральних добрив.

Висновки

Проведеними дослідженнями визначено, що суттєвий вплив на накопичення елементів живлення у ґрунті здійснили суміші азотних добрив карбамід + Гумісол-прима та КАС + Гумісол-прима. При застосуванні суміші карбамід + Гумісол-прима вміст лужногідролізованого азоту збільшується на 6,1 %, загального азоту – на 14 %, рухомого фосфору – на 18,8 %, обмінного калію – на 23 % у порівнянні з використанням чистого карбаміду. Максимальне збільшення вмісту азоту, фосфору та калію у ґрунті спостерігали за внесення суміші КАС + Гумісол-прима (1:1) у порівнянні з ділянками, де використовували чисту КАС: вміст лужногідролізованого азоту збільшився на 8,0 %, загального азоту – на 17 %, рухомого фосфору – на 24,1 % і обмінного калію – на 23 %.

В процесі зростання та розвитку озимої пшениці на всіх варіантах удобрення з використанням сумішей азотних добрив з гуміновим препаратом

спостерігається інтенсивне збільшення показників основних елементів структури врожайності з досягненням максимальних значень на ділянках, де застосовували суміш КАС + Гумісол-прима. Використання такої суміші в порівнянні з ділянками, де рослини підживлювали лише КАС, сприяло збільшенню продуктивного куцання на 17,1 %, маси зерна з однієї рослини – на 22,4 %, ваги 1000 зерен – на 11 %.

Перспективи подальших досліджень. Визначити вплив варіантів удобрення на врожайність пшениці озимої в умовах Лісостепу України.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Analitichna dovidka pro zernoviy rynok ta stan potuzhnosti dlia zberihannia zerna v Ukraini (stanom na 30 lystopada 2022 r.). Retrieved from: <https://kmzindustries.ua/news/analitichna-dovidka-pro-zernovij-rinok-ta-stan-potuzhnosti-dlja-zberigannja-zerna-v-ukraini-stanom-na-30-listopada-2022-r> [in Ukrainian]
2. Rozhko, V. (2022). Voienni balansy prodovolstva v Ukraini. Chastyna 2. Formuvannia vnutrishnoho spozhyvannia. *Zernovi kultury ta produkty yikhnoi pererobky*. Retrieved from: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1526470> [in Ukrainian]
3. Craigie, J. S. (2010). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23 (3), 371–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
4. Chaika, T., Korotkova, I., Barabolia, O., Shokalo, N., Chetveryk, O., Bilenko, O., & Krykunova, V. (2021). Technological peculiarities of the mustang and *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl wheat cultivation according to organic farming standards. *International Journal of Botany Studies*, 6 (6), 205–210.
5. Shah, M. T., Zodape, S. T., Chaudhary, D. R., Eswaran, K., & Chikara, J. (2013). Seaweed sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 36 (2), 192–200. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.737886>
6. Horobets, M., Chaika, T., Korotkova, I., Pysarenko, P., Mishchenko, O., Shevnikov, M., & Lotysh, I. (2021). Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies*, 6 (2), 340–345.
7. Korotkova, I. V., Gorobets, M. V., & Chaika, T. O. (2021). Influence of growth stimulants on productivity of spring barley varieties. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 20–30. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.02>
8. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnykh dobryvamy v tekhnolohiakh vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi. In T. O. Chaika (red.), *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenko zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalnykh ekosystem: kolektyvna monohrafiia* (pp. 279–322). Poltava: PP «Astraia» [in Ukrainian]
9. Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S., & Nardi, S. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface. *Plant Signaling & Behavior*, 5 (6), 635–643. <https://doi.org/10.4161/psb.5.6.11211>
10. Korotkova, I., Chaika, T., Romashko, T., & Rybalchenko, A. (2022). Photosynthetic Pigments Content in Emmer Wheat Plants as Criteria of Productivity in Traditional and Organic Farming Technology. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 6 (1), 31–39. <https://doi.org/10.20535/ibb.2022.6.1.255277>
11. Akhtar, K., Muhammad Shah, S. N., Ali, A., Zaheer, S., Wahid, F., Khan, A., Shah, M., Bibi, S., & Majid, A. (2014). Effects of Humic Acid and Crop Residues on Soil and Wheat Nitrogen Contents. *American Journal of Plant Sciences*, 05 (09), 1277–1284. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.59141>

12. Sharma, H. S. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2013). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 26 (1), 465–490. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>
13. Mirzamasoumzadeh, B. (2012). A comparison study on humic acid fertilizers effect on initial growth stages on four wheat cultivars. *Annual Biological Research*, 3 (10), 4747–4750.
14. Korotkova, I., Marenych, M., Hanhur, V., Laslo, O., Chetveryk, O., & Liashenko, V. (2021). Weed control and winter wheat crop yield with the application of herbicides, nitrogen fertilizers, and their mixtures with humic growth regulators. *Acta Agrobotanica*, 74. <https://doi.org/10.5586/aa.748>
15. Lotfi, R., Kalaji, H. M., Valizadeh, G. R., Khalilvand Behrozyar, E., Hemati, A., Gharavi-Kochebagh, P., & Ghassemi, A. (2018). Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions. *Photosynthetica*, 56 (3), 962–970. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0745-9>
16. Shahryari, R. (2017). Economic and biological yield assessment of wheat genotypes under terminal drought in presence of humic acid using stress tolerance indices. *IIOAB Journal*, 7, 1–6.
17. Lipczynska-Kochany, E. (2018). Humic substances, their microbial interactions and effects on biological transformations of organic pollutants in water and soil: A review. *Chemosphere*, 202, 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.104>
18. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25 (2), 183–191. <https://doi.org/10.1051/agro:2005017>
19. Marenych, M. M., Kaminsky, V. F., Bulygin, C. Yu., Hanhur, V. V., Korotkova, I. V., Yurchenko, S. O., Bahan, A. V., Taranenko, S. V., & Liashenko, V. V. (2020). Optimization of factors of managing productive processes of winter wheat in the Forest-steppe. *Agricultural Science and Practice*, 7 (2), 44–54. <https://doi.org/10.15407/agrisp7.02.044>
20. Zymaroieva, A., Zhukov, O., Romanchuck, L., & Pinkin, A. (2019). Spatiotemporal dynamics of cereals grains and grain legumes yield in Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (6), 1107–1113.
21. Humisol-pryma NPK. Retrieved from: <https://humi-plus.com/product/gumisol-prima-npk> [in Ukrainian]

ORCID

I. Korotkova  <https://orcid.org/0000-0003-0577-9634>



2023 Korotkova I. and Karasenko V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.