

**В.М. КАВЕЦЬКИЙ**, доктор сільськогосподарських наук,  
професор НУКМА

**Т.В. ЮРЧЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук  
Інститут екогігієни і токсикології ім. Л.І. Медведя

**С.В. КАВЕЦЬКИЙ**, кандидат сільськогосподарських наук

## **ВПЛИВ ФОСФОРНИХ ДОБРИВ НА ШВИДКІСТЬ МЕТАБОЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ОЗИМІЙ ПШЕНИЦІ ТА ДЕТОКСИКАЦІЮ ГЛІФОСАТУ**

---

*Наведено результати досліджень впливу фосфорних добрив на швидкість детоксикації гліфосату в зерні озимої пшениці. Показано, що використання фосфорних добрив сприяє прискоренню метаболічних процесів рослин озимої пшениці і підвищенню швидкості детоксикації гліфосату, який застосовується як десикант. Приведено модель розрахунку константи швидкості розпаду гліфосату.*

### **озима пшениця, фосфорні добрива, метаболізм, гліфосат, модель**

Екотоксична оцінка якості продукції рослинництва набуває все більшої актуальності, особливо при використанні нових видів добрив та нових пестицидів. Великої уваги потребує комплексна оцінка сумісного застосування добрив та пестицидів, їх впливу на якість продукції рослинництва. Оптимальне фосфорне живлення є одним із визначальних вимог формування високих врожаїв сільськогосподарських рослин. Фосфор відіграє важливу роль у мінеральному живленні рослин, має велике фізіологічне значення в процесах дихання і фотосинтезу, є необхідним для обміну вуглеводів і азотних речовин. Оптимальне забезпечення фосфором ґрунтів позитивно впливає як на продуктивність культур, так і на якість рослинницької продукції [1-3].

Висока біологічна роль фосфору сприяє посиленню метаболічних процесів, підвищенню швидкості розпаду пестицидів у рослинах. Вивчення цих процесів дає можливість, шляхом науково обґрунтованого раціонального застосування добрив, впливати на швидкість детоксикації пестицидів, підвищувати їх ефективність і знижувати ризик надходження у генеративні органи рослин, а далі — в продукт харчування у вигляді залишків [4].

Традиційні види фосфорних добрив мають високу вартість, а тому важкодоступні споживачу. В останні роки провадяться різносторонні

дослідження з пошуку резервів фосфорної сировини: мобілізації ґрунтових запасів, підвищення коефіцієнта використання фосфору рослинами, а також вивчення та оцінка нових видів фосфорних добрив.

Агрофоска — новий вид фосфорних добрив, виробляється на основі вітчизняної сировини — зернистих фосфоритів, поклади яких розташовані в Амвросієвському районі Донецької області. Загальні запаси фосфоритової руди в надрах становлять 27,0 млн т ( $P_2O_5$  — 1,6 млн т), при середньому вмісті  $P_2O_5$  у руді — 6,0%.

Агрофоска за своїми властивостями наближається до суперфосфату і має наступний склад макроелементів:  $P_2O_5$  — 14%,  $K_2O$  — 3,6—4,2%,  $CaO$  — 28%,  $MgO$  — 2,4%.

**Мета роботи** полягала у дослідженні впливу фосфорного добрива агрофоски на фоні азотно-калійного живлення на швидкість детоксикації гліфосату в озимій пшениці.

**Методика досліджень.** Для вивчення впливу Агрофоски на продуктивність сільськогосподарських культур, швидкість розпаду гліфосату та гігієнічні показники якостей продукції рослинництва були закладені польові досліди в чотириразовій повторності, відповідно до загальноприйнятих методик на базі Чернігівського Інституту АПВ УААН на дерново-середньопідзолистому ґрунті [5]. Порівнювали Агрофоску із суперфосфатом. Тест-культурою була озима пшениця.

**Результати досліджень.** У польових дослідах з озимою пшеницею встановлено, що позитивна дія Агрофоски на біологічну продуктивність даної культури проявилась у збільшенні кущистості, довжини колосу і маси зернин (табл. 1).

Урожайність озимієї пшениці у варіантах з Агрофоскою зросла відносно контролю на 47% при нормі внесення  $P_{60}$  та на 83% при нормі

### 1. Вплив фосфорних добрив на рожайність та елементи структури урожаю озимієї пшениці

Варіанти	Урожайність, ц/га	Маса 1000 зернин, г	Довжина колосу, см	Кількість зернин у колосі, шт.
1. Контроль	24,9	42,6	8,1	27,0
2. Фон — $N_{60} K_{90}$	28,9	40,8	9,0	35,0
3. Фон + $P_{\text{суперфосфат}60}$	35,1	42,3	9,4	37,0
4. Фон + $P_{\text{агрофоска}60}$	36,7	43,0	9,4	37,0
5. Фон + $P_{\text{суперфосфат}180}$	40,8	45,0	9,5	39,0
6. Фон + $P_{\text{агрофоска}180}$	45,6	46,0	9,6	39,0
<i>НСР<sub>05</sub></i>	<i>0,74</i>	<i>1,97</i>	<i>0,16</i>	<i>1,97</i>

внесення  $P_{180}$ . Довжина колосу збільшилась на 16 та 18%, кількість зернин у колосі на 37 та 44% відповідно. Маса тисячі зерен мала істотну різницю з контролем лише при нормі внесення Агрофоски  $P_{180}$ , така залежність зберігається і для суперфосфату.

На гігієнічні показники якості зерна впливає наявність залишкових кількостей пестицидів, а особливо десикантів, які застосовують за 10—14 днів до збирання врожаю зернових для підсушування сільськогосподарських рослин на корені та прискорення дозрівання культур, тим самим — створення оптимальних умов для збирання врожаю в стислий період із мінімальними затратами.

В якості десиканту в дослідженнях використали препарат Гліфоган 480, в.р. (діюча речовина — гліфосат у формі ізопропіламіної солі, 480 г/л.).

Гліфосат є інгібітором ферментативної системи, яка відповідає за синтез ароматичних амінокислот. Він проникає у рослини через надземну її частину та активно розноситься по всіх органах, у тому числі — корінні. Озиму пшеницю обробляли препаратом у фазу воскової стиглості з нормою витрати гліфосату 3 л/га (300 л/га робочого розчину). Залишкові кількості в зерні пшениці визначали методом високоєфективної рідинної хроматографії [6].

Було досліджено динаміку розпаду гліфосату у варіантах досліді 1, 3, 4 (табл. 2). Початковий вміст гліфосату в зерні озимої пшениці в день обробки становив 2,5 мг/кг у всіх досліджуваних варіантах.

## *2. Динаміка вмісту гліфосату в зерні озимої пшениці при застосуванні фосфорних добрив*

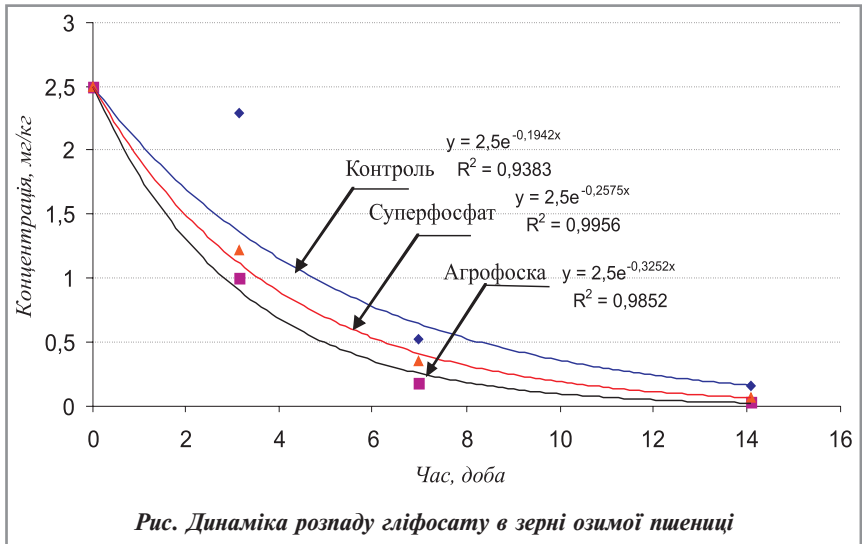
Доба після обробки	Концентрація гліфосату, мг/кг		
	1. Контроль (варіант без добрив)	3. Агрофоска $P_{60}$	4. Суперфосфат $P_{60}$
0	2,50	2,50	2,50
3	2,30	1,01	1,21
7	0,52	0,18	0,36
14	0,16	0,03	0,07
<i>k діб<sup>-1</sup></i>	<i>0,19</i>	<i>0,32</i>	<i>0,25</i>

В агроценозах пестициди підпадають під дію багатьох факторів: біотичних (живі організми), абіотичних (сонячна інсоляція, температура, рН середовища, забезпеченість основними елементами живлення та ін.), унаслідок чого відбувається зменшення початкової концентрації їх діючих речовин.

Швидкість процесу детоксикації гліфосату, як й інших пестицидів, описується константою швидкості, що включає всі вищезазначені фактори та є моделлю процесу [7]. Отримані експериментальні дані, а також дані літературних джерел, визначають, що константа швидкості процесу детоксикації найбільш вірогідно може бути розрахована за експоненційною залежністю:

$$C_t = C_0 x e^{-kt},$$

де  $C_t$  і  $C_0$  — відповідно початкове та поточне (в момент часу  $t$ ) значення концентрації пестициду в об'єкті,  $k$  — константа швидкості процесу детоксикації (рис.).



Константа швидкості була розрахована за рівнянням першого порядку:

$$k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{C_0}{C_t}.$$

В умовах дослідження константа швидкості  $k$  (доба<sup>-1</sup>) розпаду гліфосату у контролі становила 0,19, у варіанті із суперфосфатом — 0,25, у варіанті з Агрофоскою — 0,32, а період напіврозпаду ( $T_{50} = 0,693/k$ ) відповідно становить: 3,6; 2,7; 2,2 доби. Тобто гліфосат найшвидше розпадається у варіантах, де вносили фосфорні добрива (Агрофоска та суперфосфат).

Швидкість розпаду пестицидів, як уже зазначалося, залежить від

багатьох факторів, у тому числі й забезпеченості рослин основними елементами живлення, зокрема фосфором.

Фосфору належить центральне місце в процесі дихання та фотосинтезу. Його роль у цих процесах визначається тим, що фосфорна кислота бере участь у будові аденозинтри- і аденозиндифосфатів (АТФ і АДФ), які є акумуляторами великої кількості енергії та джерелом процесів біологічного окислення.

Реакції біологічного окислення каталізуються ферментами класу оксидоредуктаз. Біологічне окислення пов'язане з передачею відновлених еквівалентів — атомів водню або електронів від донора до акцептора. Кінцевий акцептор — кисень, поставниками, якого можуть бути як органічні, так і неорганічні речовини. Основний спосіб використання енергії, що вивільняється при біологічному окисненні, це — накопичення її в молекулах АТФ. У процесі біологічного окислення відбувається знешкодження чужорідних і шкідливих для організму речовин, у тому числі і пестицидів [8, 9].

Тому у варіантах із фосфорними добривами рослини мають більший запас енергії, яка і направляється на активніший процес розпаду гліфосату.

Отже, застосування певної системи добрив є важливим засобом управління резистентністю агроценозу, забезпечення умов внутрішньої динамічної рівноваги екосистем, протидії різним антропогенним факторам, особливо хімічної природи, до яких і відноситься застосування пестицидів. Науково обґрунтовані та гігієнічно безпечні технології вирощування зернових культур забезпечують високу якість

### 3. Якість врожаю зерна озимої пшениці за варіантами польового дослідження

Варіанти	Показники якості зерна				
	Натура, г/л	Клейковина, %	Білок, %	Скловидність, %	Залишкові кількості гліфосату, мг/кг
1. Контроль	730,0	26,0	10,9	72,0	—
2. Фон — N <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	740,0	27,0	11,1	66,0	—
3. Фон + P <sub>суперфосфат60</sub>	762,0	29,0	12,0	84,0	Не знайдено
4. Фон + P <sub>агрофоска60</sub>	770,0	29,4	12,2	84,0	-//-
5. Фон + P <sub>суперфосфат180</sub>	770,0	30,0	12,5	86,0	-//-
6. Фон + P <sub>агрофоска180</sub>	772,0	30,2	12,7	89,0	-//-
<i>HCP<sub>05</sub></i>	<i>19,95</i>	<i>0,94</i>	—	—	—

сільськогосподарської продукції. Тому важливим є проведення санітарно-гігієнічної експертизи не тільки засобів хімізації, а й технологій їх застосування.

Якість зерна озимої пшениці під дією Агрофоски також підвищувалась, особливо вміст клейковини (на 15%) та натури зерна (на 6%) відносно до контролю (табл. 3). Натура зерна (об'ємна вага) впливає на борошномельні якості [10]. Високонатурне зерно дає великий вихід борошна. Вміст клейковини і скловидність — важливі характеристики, що свідчать про якість зерна та хлібопекарські його властивості. Кількість білку та скловидність зерна при застосуванні Агрофоски перевищують ці показники у варіантах без добрив та на азотно-калійному фоні.

Після збирання врожаю, що відбулося через 17 днів після обробітку посівів, залишкові кількості гліфосату в зерні озимої пшениці не були знайдені у всіх варіантах досліду.

## ВИСНОВОК

Отже, використання фосфорних добрив, зокрема нового виду фосфорного добрива Агрофоски, сприяє підвищенню продуктивності озимої пшениці, якості зерна та збільшенню швидкості детоксикації десикантів.

## БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. *Реймерс Н.Ф.* Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. — М.: Россия молодая, 1994. — 367 с. — ISBN 5-7120-0669-3.
2. *Куценко С.А.* Основы токсикологии: Научно-методическое издание / С.А. Куценко. — СПб: ООО «Издательство фолиант», 2004. — 720 с. — ISBN 5-93929-092-2.
3. *Губский Ю.И.* Химические катастрофы и экология / Ю.И. Губский, В.Б. Долго-Сабуров, В.В. Храпак. — К.: Здоров'я, 1993. — 224 с. — ISBN 5-311-02533-6.
4. *Городній М.М.* Агроекологія./ М.М. Городній. — К: Вища школа, 1993. — 416 с.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Колос, — М. 1979. — 416 с.
6. *Методичні вказівки з визначення гліфосату в овочах, фруктах, зерні хлібних злаків та кукурудзи, зернобобових та баштанних культурах методом високоефективної рідинної хроматографії // Методичні вказівки з визначення мікрокількостей пестицидів в продуктах харчування, кормах та навколишньому середовищі.* — Київ, 2004. — № 39. — С. 71—83.
7. *Справочник по контролю за применением средств химизации*

в сельском хозяйстве / Под. ред. В.П. Васильева, В.Н. Кавецкого, Л.И. Бублик и др. — К.: Урожай, 1989. — 159 с.

8. Горовая А.И. Гуминовые вещества / А.И. Горовая, Д.С. Орлова, О.В. Щербенко // К.: Наукова думка, 1995. — С. 201—205.

9. Кавецкий В.М. Екотоксичний моніторинг агрогеоценологічного покриття (концепція та критерії оцінка стану агроценозів) [Текст] / В.М. Кавецкий, Н.О. Козьякова // Науковий вісник НАУ. — К. — 2002. — Вип. 50. — С. 290—293.

10. ГОСТ 10840-64 Зерно. Методы определения природы

**Кавецкий В.М., Юрченко Т.В., Кавецкий С.В. Влияние фосфорных удобрений на скорость метаболических процессов в озимой пшенице и детоксикацию глифосата**

*Представлены результаты исследований влияния фосфорных удобрений на скорость детоксикации глифосата в зерне озимой пшеницы. Показано, что использование фосфорных удобрений способствует ускорению метаболических процессов растений озимой пшеницы и повышению скорости детоксикации глифосата, который использовался как десикант. Приведена модель расчета константы скорости распада глифосата.*

**Kavetskiy V.N., Urchenko T.V., Kavetsky S.V. Phosphate fertilizers influence on destruction of glifosate in winter wheat plants**

*The influence of phosphor fertilizers on the dynamics of glyfosate destruction in the grain of winter wheat showed in the article. Phosphate fertilizer application promotes of metabolism processes in winter wheat and glifosate destruction in the grain of winter wheat. The constant glifosate degradation was calculated.*