

## ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В ПІВДЕННО-СХІДНОМУ ПРОМИСЛОВОМУ РЕГІОНІ

Вінюков О. О., Бондарева О. Б.

### ВСТУП

Ефективне аграрне природокористування з метою вирощування якісної та екологічно безпечної рослинницької сировини зумовлюється комплексом взаємодії всіх компонентів агроландшафтів, а також агротехнічних заходів<sup>1</sup>. Можливість одержання високоякісної продукції може забезпечуватись шляхом оптимізації систем удобрення, використання фізіологічно-активних речовин, а також заходів, спрямованих на ефективне їх використання. Виробництво якісної та безпечної рослинної продукції та сировини неможливе без урахування екологічного стану агросфери й застосування сучасних екологічно безпечних агротехнологій<sup>2</sup>. Для регіонів із високим рівнем техногенного навантаження на агроценози, яким є Донецька область, проблема відповідності сільгосппродукції сучасним стандартам якості й безпеки надзвичайно актуальна<sup>3</sup>.

Показники якості й безпеки продукції значною мірою залежать від агроекологічного стану сільгоспугідь, як наслідок, екологічна

---

<sup>1</sup> Василенко М.Г., Стадник А.П., Душко П.М., Драга М.В., Кічігіна О.О., Зацарінна Ю.О. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 96–101. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2018.161350.

<sup>2</sup> Вінюков О.О., Бондарева О.Б., Сіпун О.Л., Мамедова Е.І. Сучасні органічні технології – шлях екологізації сільськогосподарського виробництва. *Аграрний вісник Півдня*. 2014. № 1. С. 79–82.

<sup>3</sup> Бондарева О.Б., Вінюков О.О., Коноваленко Л.І. Формування екологічно безпечної продукції зернових колосових в умовах південно-східного промислового регіону України. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 1–3 липня 2015 р. / Інститут агроекології і природокористування НААН України. Київ, 2015. С. 12–17.

безпека рослинної продукції значною мірою залежить від нагромадження в компонентах агросфери поллютантів промислового походження, серед яких найпоширенішими є важкі метали<sup>4</sup>. Вони можуть забруднювати ґрунти, змінювати його агрохімічні, мікробіологічні, екологічні властивості, мігрувати й забруднювати поверхневі, ґрунтові води й рослини<sup>5</sup>. Важкі метали можуть затримувати ріст і розвиток рослин, пригнічувати важливі процеси метаболізму, що надалі знижує продуктивність та якість сільськогосподарської продукції<sup>6</sup>.

У рослинництві України провідними є зернові колосові культури. Але натеper Україні виробляється та заготовлюється недостатня кількість високоякісного зерна озимої пшениці, необхідної для переробної промисловості<sup>7</sup>. Зернові колосові культури займають до 60% посівних площ Донецької області. Розв'язання проблеми відповідності зерна сучасним стандартам якості й безпеки потребує дослідження механізму формування такої продукції в умовах індустріальних регіонів, визначення ступеню ризиків, що виникли внаслідок забруднення навколишнього природного середовища.

Відповідно до підручника за редакцією М.М. Городнього<sup>8</sup> на показники якості продукції рослинництва впливає ціла низка чинників: ґрунтово-кліматичні умови вирощування культур, сортові особливості, строки сівби, загальна культура землеробства, використання засобів хімізації, біологічні особливості культур.

---

<sup>4</sup> Корсун С.Г., Клименко І.І., Болоховська В.А., Болоховський В.В. Транслокація важких металів у системі «ґрунт – рослина» за вапнування та впливу біологічних препаратів. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 29–35. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2019.163245.

<sup>5</sup> Кривіч Н.Я., Білявський Ю.А., Мандзик Я.П. Вміст важких металів у ґрунті під озимою пшеницею та її продуктивність залежно від систем удобрення та способів основного обробітку. *Вісник Дніпропетровського аграрного університету*. 2004. № 1. С. 61–68.

<sup>6</sup> Самохвалова В.Л., Фатеев А.И., Журавлева И.М. Аспекты изучения и оценка состояния загрязненной тяжелыми металлами системы почва-растение. *Агроекологічний журнал*. 2008. № 1. С. 28–36.

<sup>7</sup> Грюнвальд Н.В. З якою ж системою контролю якості та безпекою зерна і продуктів його переробки Україна виходить на міжнародний ринок. *Зерно і хліб*. 2008. № 3. С. 44-46.

<sup>8</sup> Прикладна біохімія та управління якістю продукції рослинництва : Підручник / за ред. М.М. Городнього. Київ : Арістей, 2006. 484 с.

Комплексна оцінка якості пшениці орієнтована на визначення фізичних, біохімічних, технологічних і санітарно-гігієнічних показників<sup>9</sup>. В Україні безпека зерна (санітарно-гігієнічні показники) визначається вмістом важких металів і регламентується відповідними Державними стандартами (ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні умови; ДСТУ 3768: 2010. Пшениця. Технічні умови). На формування якісних показників озимої пшениці значною мірою впливає генотип сорту, агротехнічні заходи й метеорологічні умови під час наливу зерна<sup>10</sup>. Синтез білків відбувається з витратами енергії, тому термічний фактор такого процесу має важливе значення. Зниження температури ґрунту з 35 до 20°C знижує вміст білку в зерні пшениці з 15,5% до 12,2%<sup>11</sup>. Однак вплив цих факторів на механізм формування якості зерна за теперішніх умов різкої зміни клімату вивчено не досить.

Розв'язання проблеми отримання екологічно безпечної продукції на територіях, що зазнають значного техногенного тиску, неможливе без пошуку шляхів зменшення біоаккумуляції важких металів. Дослідження Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції (далі – ДСДС) показали, що рівень накопичення токсичних елементів у зерні залежить від стійкості рослин до їхньої дії, яка зумовлюється комплексом факторів: видові, сортові особливості сільськогосподарських культур, системи удобрення, типи ґрунтів, агрокліматичні умови й інше.

Відомо, що рослини виявляють значні міжвидові й міжсортів відмінності у відповідь на забруднення ґрунту важкими металами<sup>12</sup>. У роботах Е.Ф. Яковишиної<sup>13</sup> проведено оцінку реакції-відгуку озимих культур на забруднення ґрунту Cd, Pb і Zn за факторами

---

<sup>9</sup> Тогачинська О.В. Сучасні вимоги до якості продукції рослинництва (на прикладі зернових). *Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва* : матеріали науково-практичної конференції молодих учених. Київ, 2007. 124 с.

<sup>10</sup> Адаменко Т.Н. Влияние почвенно-климатических и погодных условий на формирование качества зерна. *Хранение и переработка зерна*. 2006. № 5. С. 39–42.

<sup>11</sup> Лясковский Н.Е. О химическом составе пшеничного зерна. Москва : Колос, 1965. 157 с.

<sup>12</sup> Медведев П.В., Федотов В.А. Исследование влияния природно-географических и сортовых факторов на накопление тяжелых металлов яровой пшеницей. *Вестник Одесского государственного университета*. 2009. № 6 (100). С. 222–226.

<sup>13</sup> Яковишина Т.Ф. Екологічна оцінка реакції-відгуку озимих зернових культур на забруднення ґрунту важкими металами. *Вісник Дніпропетровського аграрного університету*. 2008. № 2 (23). Т. 1. С. 122–131.

врожайність, вміст важких металів, біохімічні показники якості зерна. Автором встановлено, що толерантність озимих культур до важких металів змінювалась в ряді: ячмінь озимий > пшениця озима > тритикале > жито озиме. Урахування сортового фактора може забезпечити зменшення нагромадження важких металів у рослинах<sup>14</sup>.

Якість рослинницької продукції є результатом комплексної взаємодії природних та антропогенних факторів. На якісні показники щодо вмісту токсикантів суттєво впливає агроекологічний стан сільгоспугідь у південно-східному промисловому регіоні. Його ґрунтово-кліматичні умови характеризуються високим потенціалом і здатні забезпечити високу якість сільськогосподарської продукції, але в останні роки спостерігається різка зміна клімату, що значно підвищує вплив абіотичних факторів на якісні показники зернової продукції. Довготривалий бездощовий період із високими температурами повітря призводить до скорочення міжфазних періодів розвитку зернових колосових культур, що не може не сказатися на якості зерна. Водночас необхідно запобігти негативному впливу антропогенної діяльності, отримати якісну й безпечну рослинну продукцію та зберегти навколишнє середовище. Усе це потребує врахування означених факторів у формуванні якості й екологічної безпеки рослинницької продукції в умовах південно-східного промислового регіону.

## **1. Аналіз еколого-агрохімічного стану сільгоспугідь**

### **Донецької області для вирощування якісної зернової продукції**

Структурування даних агроекологічного моніторингу сільськогосподарських угідь, а також інтегральна оцінка величини впливу техногенного навантаження покладені в основу диференціації районів Донецької області за можливістю виробництва екологічно безпечної сільськогосподарської продукції. Експериментальні дослідження та розрахунки вмісту токсикантів в агросфері засвідчили, що визначення територій, перспективних для проєктування сировинних зон, головним чином, повинно враховувати інтенсивність потоків ксенобіотиків промислового

---

<sup>14</sup> Яковишина Т.Ф. Екологічна оцінка толерантності сортів озимої пшениці до забруднення важкими металами. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2009. Вип. 7 (17). С. 64–67.

походження в агроландшафти. Постачальниками важких металів, що призводять до деградації ґрунтів, підземних і поверхневих вод, а також до суттєвого зниження якості сільгосппродукції, є викиди в атмосферу з промислових підприємств, скиди стічних хімічно забруднених вод і дренажі з накопичувачів відходів.

Ґрунти Донецької області характеризуються високою нітрифікаційною здатністю: 137–221 мг NO<sub>3</sub>/кг. Глибина гумусового шару на території регіону перевищує 50 см.

Для найпоширеніших зернових культур у Донецькій області пшениці озимої та ячменю ярого відповідно до вимог науково обґрунтованої системи ведення агропромислового виробництва Донеччини<sup>15</sup> вмісту поживних речовин у ґрунтах був проведений системний аналіз еколого-агрохімічного стану сільгоспугідь (табл. 1).

Таблиця 1

**Параметри й розподіл ґрунтів для вирощування якісної зернової продукції**

Культура	Вміст гумусу, %	Вміст фосфору, мг/кг	Вміст калію, мг/кг	Кислотність (рН), ум. од.	Екологічний стан	Доля сільгоспугідь, %
Пшениця озима	≥4,0	≥145	≥145	≥5,7	Оптимальний	69,0
	3,0–3,9	109–144	109–144	4,3–5,6	Задовільний	28,0
	<3,0	<109	<109	<4,3	Незадовільний	3,0
Ячмінь	≥3,5	≥150	≥120	≥5,5	Оптимальний	95,4
	2,6–3,4	113–149	90–119	4,1–5,4	Задовільний	4,0
	<2,6	<113	<90	<4,1	Незадовільний	1,6

Визначений бал бонітету ~ 71 складав 26,7% площі ґрунтів сільгосппризначення, балом бонітету ~ 51 характеризується 55,3% площі сільгоспугідь, з балом бонітету 31–40 – ґрунти площею ~ 18,0%<sup>16</sup>. Відповідно до вимог методичних рекомендацій із надання статусу спеціальної сировинної зони й контролю за її

<sup>15</sup> Тогачинська О.В. Спосіб агроекологічної оцінки сільськогосподарських територій щодо отримання високоякісного зерна озимої пшениці. *Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва* : зб. наук. статей III Всеук. науково-практич. конф. / УААН, Інститут агроекології. Київ, 2009. С. 62–64.

<sup>16</sup> Науково-обґрунтована система ведення агропромислового виробництва Донеччини. Донецьк : «Регіон», 2007. 511 с.

використанням<sup>17</sup> майже 82% ґрунтів можуть бути віднесеними до категорій «придатні» або «обмежено придатні». На базі порівняння характеристик ґрунтів складена карта-схема еколого-агрохімічного стану сільгоспугідь Донецької області.

Відповідно до основних розрахованих закономірностей та експериментальних даних території техногенно навантажених ландшафтів у сукупності із санітарно-захисними зонами підприємств займають площу ~ 18% від загальної площі ріллі області.

Сільгоспугіддя, які перспективні для створення сировинних зон за виробництвом екологічно безпечної продукції та задовольняють вимогам агрохімічних показників і даним агроекологічного моніторингу, складають ~ 29%. Площа територій із помірним техногенним навантаженням займає 53% площі області.

## **2. Вплив абіотичних факторів на чинники формування якості зерна сортів пшениці озимої в умовах промислового регіону**

В останні роки спостерігається різка зміна клімату, що значно підвищує вплив абіотичних факторів на якісні показники зернової продукції. Довготривалий бездошовий період із високими температурами повітря призводить до скорочення міжфазних періодів розвитку зернових колосових культур, що не може не сказатися на якості зерна. Техногенні затрати на оптимізацію умов середовища можуть окупатися лише в тому випадку, якщо висока потенційна продуктивність сортів достатньою мірою захищена їхньою екологічною стійкістю до абіотичних факторів, тобто факторів зовнішнього середовища, які не регулюються. За відповідних агротехнологічних заходів навіть у несприятливих для вирощування умовах такі сорти мають бути здатні формувати високоякісне зерно.

Дослідження проводились на дослідних ділянках у польовій сівозміні державного підприємства «ДГ «Забойщик» ДДСДС НААН» Великоновосілківського району Донецької області.

Основний метод досліджень – польовий, який доповнювався аналітичними дослідженнями, вимірами, підрахунками й спостереженнями відповідно до загальноприйнятих методик і методичних рекомендацій у рослинництві.

---

<sup>17</sup> Методичні рекомендації з надання статусу спеціальної сировинної зони та контролю за її використанням / за ред. академіка УААН О.І. Фурдичка. Київ, 2007. 35 с.

Показники якості зерна визначали за ДСТУ 3768: 2010<sup>18</sup>. Статистичну обробку даних здійснювали за методикою Б.А. Доспехова<sup>19</sup>.

Площа облікової ділянки – 62,7 м<sup>2</sup>, повторність – триразова. Розміщення ділянок систематичне. Грунт – чорнозем звичайний малогумусний важко суглинковий. Обробіток ґрунту й технологія вирощування пшениці озимої загальноприйняті в господарствах області. Під передпосівну культивуацію сівалкою СН-16 вносились мінеральні добрива. Врожай збирали комбайном Сампо-500 по ділянках.

Донецька область за кліматичними умовами належить до зони ризикованого нестійкого землеробства, клімат області континентальний із посушливими явищами. Вона поділяється на три агрокліматичних райони. Найбільшу територію займає II агрокліматичний район, де саме й проводились дослідження, він характеризується високим рівнем теплозабезпечення та недостатнім зволоженням. Недобір опадів, як правило, супроводжується значним перевищенням середньодобових температур повітря до багаторічних у критичні періоди розвитку сільськогосподарських культур. У період активної вегетації сільськогосподарських культур кількість опадів складає 290–320 мм, сума активних температур повітря – 3 000–3 200°C, гідротермічний коефіцієнт – 0,9.

Посушливі роки мають дефіцит вологи у 2 рази більший проти багаторічного показника. Посушливість зумовлена не стільки загальною кількістю опадів, скільки нерівномірним розподілом, особливо в період формування та наливу зерна.

Роки досліджень були різними за агрокліматичними умовами в період формування та наливу зерна. Метеорологічні умови аналізували за даними метеопосту м. Удачне Покровського району Донецької області за період 2018–2020 рр.

Аналіз метеорологічних даних показав, що період формування та наливу зерна відзначається перевищенням середньодобової температури щодо середніх багаторічних показників від 3,5° до 5,1°C, але наявне різке коливання запасів продуктивної вологи. У 2018 р. розрахунок гідротермічного коефіцієнта під час наливу зерна показав, що він був найменшим за роки досліджень – 0,36. Кількість опадів за період вегетації склала 78,1 мм – це був

---

<sup>18</sup> ДСТУ 3768: 2010. Пшениця. [Чинний від 2010-03-31]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 14 с. (Національний стандарт України).

<sup>19</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.

посушливий рік. 2019 р. можна вважати за сумою кількості опадів за період вегетації 150 мм оптимальним. Гідротермічний коефіцієнт під час наливу зерна становив 0,84. У 2020 р. гідротермічний коефіцієнт під час наливу зерна становив 1,03. У порівнянні із середніми багаторічними показниками кількість опадів і вологість повітря були підвищеними, тобто 2020 р. за сумою кількості опадів за період вегетації 186,7 мм вважається вологим.

Були проаналізовані й структуровані результати експериментального визначення фізичного (маса 1 000 зерен) і технологічного (показник седиментації) показників якості зерна 17 сортів озимої пшениці (табл. 2).

Таблиця 2

**Фізичні й технологічні показники якості зерна пшениці озимої різних сортів (2018–2020 рр., попередник – чорний пар)**

№ з/п	Сорти	Урожайність, т/га	Маса 1 000 зерен		Показник седиментації	
			середнє, г	коефіцієнт варіації, %	середнє, мл	коефіцієнт варіації, %
1	Донецька 46	3,57	41,1	6,2	85	8,2
2	Донецька 48	5,19	42,7	5,8	83	11,0
3	Одеська 267	5,17	42,2	3,5	85	6,0
4	Олексіївка	4,83	38,4	3,9	84	5,5
5	Диво донецьке	5,55	41,1	8,2	91	4,0
6	Перемога	5,57	43,1	7,6	86	4,2
7	Білосніжка	5,35	39,6	7,8	81	5,6
8	Ігрита	5,67	44,6	2,1	80	4,4
9	Юзовська	5,47	42,2	2,9	83	4,2
10	Попелюшка	5,33	38,3	9,1	81	7,2
11	Богиня	5,18	38,0	4,6	89	4,3
12	Краплина	4,93	37,2	7,0	87	4,8
13	Колумбія	5,57	38,8	4,1	85	5,5
14	Жайвір	5,18	38,2	4,8	84	0,8
15	Епоха	5,76	38,8	6,7	88	6,5
16	Ужинок	5,86	38,0	4,6	90	3,2
17	Турунчук	5,65	38,6	4,7	90	4,7
	НР <sub>0,5</sub>	0,15	0,6		1,1	

Найбільша маса 1 000 зерен – 44,6 г – відзначена для сорту Ігрита. Найбільш стабільним цей показник був для сортів Юзовська й Ігрита, коефіцієнт варіації склав відповідно 2,9 і 2,1. Максимальним коефіцієнтом варіації 9,1 характеризувався сорт Попелюшка.

В умовах південно-східного регіону України найважливішим абіотичним фактором формування якості зерна є кількість, характер розподілу опадів упродовж вегетаційного періоду, тому



були структуровані й проаналізовані результати визначення показників якості зерна трьох нових сортів пшениці озимої селекції Донецької ДСД станції за різних умов вирощування за вологозабезпеченістю (табл. 3).

Таблиця 3

**Показники якості зерна пшениці озимої  
за різних умов вирощування**

Агрокліматичні умови вирощування	Показники якості, одиниці вимірювання					масо 1 000 зерен, г
	натура, г/дм <sup>3</sup>	вологість, %	масова частка, %		якість клейковини (ІДК)*, од.	
			білка	сирої клейковини		
Сорт Ігрита						
Оптимальні	780	13,8	14,2	30,4	70	44,3
Посушливі	730	12,4	14,7	31,5	65	43,7
Вологі	785	14,0	13,3	28,8	74	45,9
Сорт Перемога						
Оптимальні	775	13,7	13,3	29,2	75	43,7
Посушливі	723	13,3	14,4	31,1	69	41,0
Вологі	785	14,0	13,2	28,2	77	44,6
Сорт Юзовська						
Оптимальні	770	13,5	12,8	25,4	85	42,9
Посушливі	663	12,8	13,5	27,4	77	39,5
Вологі	780	13,9	12,6	24,0	88	44,2
НІР <sub>0,5</sub>	3,7	0,17	0,22	1,2	1,8	0,9

Експериментальні дані свідчать, що на вміст білку суттєво впливають сорт та агрокліматичні умови вирощування. Найбільшу білковість має пшениця озима сорту Ігрита. За умов високого зволоження вміст білка в зерні пшениці зменшується, однак коливання цього показника для сортів Ігрита, Перемога та Юзовська у вологий і посушливий рік незначні й становлять відповідно 1,4%, 1,2% і 0,9%. Це свідчить про достатню стійкість цих сортів за концентрацією білку до кількості опадів.

Для досліджених сортів у посушливі роки відзначається зменшення маси 1 000 зерен. Найбільшим цей показник був у вологий рік у сорту Ігрита – 45,9 г. У посушливий рік маса 1 000 зерен зменшилась на 2,2 г, 3,6 г і 4,7 г у залежності від сорту.

Технологічний показник якості зерна – кількість та якість клейковини – був кращим за посушливих умов вирощування. За вологих та оптимальних умов він дещо зменшувався, але ці коливання були незначними. Це підтверджують коефіцієнти варіації (табл. 4).

Таблиця 4

**Коефіцієнти варіації показників якості  
зерна сортів озимої пшениці**

Показник	Коефіцієнт варіації, %		
	Ігрита	Перемога	Юзовська
Натура, г/дм <sup>3</sup>	3,9	4,3	8,8
Вологість, %	6,5	2,6	4,2
Масова частка, %:			
– білку	5,0	4,8	3,6
– сирої клейковини	4,5	5,0	6,7
Якість клейковини, од. ІДК	6,5	5,7	6,8
Маса 1 000 зерен, г	2,6	4,3	5,8

Сорт Ігрита має мінімальну варіабельність за натурою, вмістом сирої клейковини й масі 1 000 зерен. За вмістом білку найменшою варіабельністю характеризується сорт Білосніжка. Досліджені сорти досить стабільні за вмістом білку та якістю клейковини.

За результатами двофакторного дисперсійного аналізу визначили ступінь впливу досліджених факторів на показники якості зерна пшениці озимої (табл. 5).

Таблиця 5

**Доля впливу факторів «сорт» та «умови року»  
на формування якості зерна пшениці озимої**

Показник	Ступінь впливу факторів, %	
	сорт	умови року
Натура, г/дм <sup>3</sup>	9,5	79,8
Вміст білку, %	44,1	50,4
Вміст клейковини, %	72,0	27,0
Якість клейковини (ІДК), од.	67,9	31,2
Маса 1 000 зерен, г	29,8	61,8

Наведені дані свідчать, що умови року найбільше впливали на натуру й масу 1 000 зерен. Залежність вмісту білку приблизно однакова як від умов року, так і від особливостей сорту. Сорт також істотно впливає на показники клейковини – кількість та якість, ступінь впливу становить 72,0% і 67,9% відповідно.

Важливим агрохімічним заходом у підвищенні якості зерна пшениці озимої є використання мінеральних добрив. Ефективність цього агрозаходу залежить від багатьох факторів: рівень забезпеченості ґрунту елементами живлення, погодні умови року,

попередник, сортові особливості й інші. Для врахування взаємозв'язку впливу добрив, попередника й агрокліматичних умов вирощування проаналізовані експериментальні результати якості зерна озимої пшениці за різних умов вологозабезпечення та різних доз добрив (табл. 6).

Таблиця 6

**Показники якості зерна пшениці озимої сорту Ігрита залежно від доз мінеральних добрив за різних агрокліматичних умов**

Добриво	Показники якості зерна								
	натура, г/дм <sup>3</sup>			маса 1 000 зерен, г			вміст сирової клейковини, %		
	1*	2*	середнє	1	2	середнє	1	2	середнє
попередник – кукурудза на силос									
Контроль (без добрив)	730	763	746	33,8	40,7	37,2	26,3	23,1	24,7
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	750	781	766	34,0	42,2	38,1	26,3	23,4	24,8
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	738	776	757	33,4	41,6	37,5	30,0	25,6	27,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	735	775	755	32,9	41,4	37,2	30,1	26,4	28,2
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	744	778	761	33,0	41,6	37,8	24,9	22,9	23,9
попередник – горох									
Контроль (без добрив)	754	765	760	34,0	41,4	38,7	19,9	21,9	20,9
N <sub>30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>30</sub>	762	775	769	34,6	43,9	39,3	23,1	21,9	22,5
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>30</sub>	759	772	766	34,4	43,6	39,0	24,3	23,5	23,9
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	758	771	765	33,7	43,2	38,4	24,9	23,6	24,2
N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	751	769	760	34,7	43,7	39,2	21,4	22,2	21,8
НІР <sub>0,5</sub>			3,4			0,4			1,0

\* 1 – посушливий рік; 2 – оптимальний рік

Експериментальні дані свідчать, що дія добрив пов'язана з вологозабезпеченням. У посушливі роки вміст клейковини вищий, натура зерна й маса 1 000 зерен збільшується за умови зростання кількості опадів. Для різних показників якості зерна різними є й найефективніші дози добрив. За попередником кукурудза на силос максимальні значення натури зерна й маси 1 000 зерен забезпечило внесення добрив дозою N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. За попередником горох найбільшими ці показники були за внесення N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>K<sub>30</sub>. Максимальний вміст клейковини отримали за вищих доз мінеральних добрив (за кукурудзою на силос – N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub>, за горохом – N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>30</sub>).

Ступінь впливу добрив, попередника й умов року на натуру зерна, масу 1 000 зерен визначали за результатами трифакторного дисперсійного аналізу (табл. 7).

Таблиця 7

**Вплив факторів умови року, попередник, добрива на формування якості зерна пшениці озимої сорту Ігреста**

Показники	Ступінь впливу факторів, %		
	умови року	попередник	мінеральні добрива
Маса 1 000 зерен, г	84,3	2,9	12,3
Натура, г/дм <sup>3</sup>	65,2	4,3	9,8
Вміст клейковини, %	21,4	31,2	36,9

Найбільший вплив на масу 1 000 зерен і натуру мали умови року. Попередник і мінеральні добрив більшою мірою впливали на вміст клейковини.

Для ранжування впливу абіотичних та антропогенних факторів на якість зерна пшениці озимої є необхідність одночасної оцінки декількох показників, що формують якість.

**3. Сортові особливості поглинання важких металів зерновими колосовими культурами в південно-східному промисловому регіоні**

У степу озима пшениця – основна зернова культура завдяки її високій продуктивності. Друге місце за продуктивністю та посівними площами займає ярий ячмінь. Часто він використовується для пересіву озимих культур. Тому саме ці культури визначають виробництво зерна й продовольчу безпеку країни. У Донецькій області пшениця озима та ячмінь ярий займають понад 60% посівних площ і тому були вибрані для досліджень.

Дослідження виконувались у польовій сівозміні Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України у 2014–2018 рр. Грунтовий покрив дослідної ділянки – чорнозем звичайний малогумусний важко суглинковий. Валовий вміст поживних речовин: N – 0,28–0,31%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,16–0,18%, K<sub>2</sub>O – 1,8–2,0%, вміст гумусу в орному шарі – 4,3–4,5%, рН – слабо лужна (рН<sub>водн</sub> – 7,50–7,95).

Обробіток ґрунту й технології вирощування пшениці озимої та ячменю ярого загальноприйняті в господарствах області. Посівна

площа ділянки 88,2 м<sup>2</sup>, облікова – 62,7 м<sup>2</sup>, повторність – триразова, розміщення ділянок систематичне.

Вміст важких металів визначали в зразках зерна й ґрунту, який відбирали з орного шару одночасно з рослинними зразками. Зразки ґрунту відбирали згідно з ДСТУ 4287: 2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб». Відбір рослинних зразків для проведення аналітичних досліджень проводили згідно з «Методичними вказівками по проведенню досліджень в довготривалих дослідях з добривами», ч. 1, 2., Москва, 1980.

Біопідготовка рослинного матеріалу проводилася відповідно до ДОСТ 26929-94. Для визначення валової кількості важких металів ґрунт розкладали із застосуванням суміші кислот HCl+HNO<sub>3</sub>+HF із подальшим розчиненням залишку в HNO<sub>3</sub>. Потенційно рухомі форми важких металів визначали після екстрагування 1 моль/дм<sup>3</sup> HCl.

Вміст важких металів у зразках, що досліджувались, визначали атомно-абсорбційним методом на КАС-120.1 у режимі електротермічної атомізації<sup>20</sup>. Статистичну обробку результатів проводили за методикою Б.А. Доспехова.

Експериментальні дані свідчать, що показники акумулятивної здатності до важких металів зерна пшениці озимої залежать від особливостей сорту (табл. 8). Для оцінки якості зернової продукції за вмістом важкого металу використовували загальноприйняті гранично допустимі концентрації (далі – ГДК). Вміст важких металів у зерні всіх досліджених сортів не перевищував ГДК, але за експериментальними результатами виявлено значне варіювання за елементами й сортами, тобто рівень накопичення важких металів у зерні пшениці озимої залежить від генетичних особливостей сорту й властивостей елемента.

Накопичення цинку за сортами характеризується найбільшою стабільністю, коефіцієнт варіації має саме низьке значення – 12,2. Вміст цинку варіюється в межах 0,40–0,75 частки ГДК. Максимальне накопичення цинку – 37,4 мг/кг – відзначене для сорту Колумбія. Мінімальний вміст цинку – 21,1 мг/кг – був у зерні сорту Донецька 46. Мідь накопичувалася в зерні від 0,19 до 0,59 частки ГДК.

---

<sup>20</sup> Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. Москва : ЦИНАО, 1992. 61 с.

Таблиця 8

**Вміст важких металів у зерні пшениці озимої різних сортів  
(середнє за 2014–2018 рр.)**

Сорт пшениці озимої	Урожайність, т/га	Вміст важких металів, мг/кг			
		Cu (ГДК=10)	Zn (ГДК=50,0)	Pb (ГДК=0,5)	Cd (ГДК=0,1)
Донецька 46	3,97	1,9	21,1	0,25	0,068
Донецька 48	5,19	4,1	28,1	0,13	0,024
Одеська 267	5,17	4,1	28,3	0,22	0,059
Олексійвка	4,83	4,1	28,1	0,25	0,051
Диво донецьке	5,55	1,9	25,7	0,22	0,046
Перемога	4,98	4,2	28,3	0,12	0,059
Білосніжка	5,35	3,8	26,7	0,12	0,050
Іриста	5,67	4,3	27,6	0,16	0,041
Юзовська	4,47	3,3	23,4	0,12	0,023
Попелюшка	5,33	5,9	27,9	0,38	0,075
Богиня	5,18	3,6	24,7	0,16	0,044
Краплина	4,93	2,4	26,5	0,25	0,039
Колумбія	5,55	5,5	37,4	0,27	0,080
Жайвір	4,35	4,4	27,6	0,16	0,034
Епоха	5,76	3,9	27,2	0,12	0,022
Ужинок	5,86	4,2	23,2	0,19	0,022
Турунчук	5,65	3,6	28,2	0,25	0,019
НП <sub>0,5</sub>	0,47	0,98	2,1	0,09	0,01
Коефіцієнт варіації, %		26,8	12,2	35,1	42,2

Вміст свинцю та кадмію відзначається більшою мінливістю, на що вказують підвищені коефіцієнти варіації. Це зумовлено тісним взаємозв'язком накопичення цих елементів із сортовими особливостями пшениці озимої. Так, вміст свинцю в зерні знаходиться в межах 0,12–0,38 мг/кг, відрізняється майже в 3 рази. Найчутливішим до поглинання свинцю (0,76 частки ГДК) був сорт Попелюшка. Мінімальне накопичення свинцю відзначено для сортів Донецька 48, Перемога, Білосніжка, Епоха. Вміст кадмію в зерні пшениці озимої змінювався від 0,022 мг/кг до 0,080 мг/кг, тобто 0,22 і 0,8 частки ГДК. З табл. 1 видно, що найменший вміст кадмію спостерігався в сортів Юзовська, Епоха, Турунчук, Ужинок, Донецька 48. Максимальний вміст кадмію виявлено в сорту Колумбія. Ці дані свідчать про наявність сортів пшениці озимої, більш толерантних до поглинання важких металів, особливо 1 класу небезпеки. Це слід враховувати під час підбору сортів пшениці озимої для вирощування цієї культури в зонах значного

техногенного навантаження, що знизить ризик забруднення продукції Pb і Cd.

Щодо вмісту важких металів, у зерні ячменю ярого (табл. 9) також не відзначено перевищення ГДК.

Таблиця 9

**Вміст важких металів у зерні ярого ячменю різних сортів  
(середнє за 2015–2018 рр.)**

Сорт ячменю ярого	Урожайність, т/га	Вміст важких металів, мг/кг			
		Cu (ГДК=10,0)	Zn (ГДК=50,0)	Pb (ГДК=0,5)	Cd (ГДК=0,1)
Партнер	3,32	3,50	24,5	0,39	0,059
Донецький 14	3,53	3,72	20,9	0,19	0,047
Донецький 15	3,48	3,97	25,9	0,27	0,061
Східний	3,80	4,21	26,9	0,32	0,072
Аверс	3,68	4,32	24,1	0,24	0,051
Степовик	3,57	3,50	35,6	0,46	0,059
Щедрик	3,63	3,17	38,1	0,41	0,038
Сталий	3,90	4,00	29,1	0,39	0,031
Аграрій	3,39	3,67	26,8	0,47	0,070
Взірець	3,49	4,80	34,1	0,46	0,081
Сталкер	2,94	4,46	34,4	0,49	0,070
Аватар	3,63	5,00	37,0	0,38	0,081
Чарівний	2,90	4,37	32,7	0,40	0,050
Вакула	2,97	4,06	27,3	0,37	0,059
НІР <sub>0,5</sub>	0,30	1,1	2,5	0,09	0,01
Коефіцієнт варіації, %		12,2	17,2	25,0	23,3

За даними таблиці видно, що накопичення важких металів у зерні ячменю ярого характеризується меншою мінливістю в порівнянні з пшеницею озимою, окрім цинку. Для ячменю ярого найстабільніше накопичення міді, коефіцієнт варіації має саме низьке значення 12,3. Поглинання міді за сортами змінювалось у межах 0,32–0,50 часток ГДК. Коефіцієнт варіації вмісту Zn був нижчим за озиму пшеницю та становив 17,2. Коефіцієнти варіації вмісту Pb і Cd мають більші значення, ніж для вмісту Cu і Zn. Це свідчить про більшу залежність накопичення Pb і Cd від сорту. Але варіювання вмісту цих елементів у зерні ячменю ярого було меншим, ніж для пшениці озимої.

У межах ячменю ярого найстійкішим до забруднення свинцем був Донецький 14, а чутливим – Сталкер. Щодо кадмію, найтолерантнішим був сорт Сталий. У зерні сортів Аватар і Візірець відзначено найбільше накопичення кадмію – 0,8 частки ГДК.

Порівняння накопичення Pb і Cd в зерні пшениці озимої та ячменю ярого вказує на більшу чутливість до них ячменю ярого. Мінімальний вміст свинцю – 0,24 частки ГДК – був у зерні пшениці озимої, в зерні ячменю ярого – 0,38 ГДК. Мінімальний вміст кадмію, відповідно, 0,19 і 0,30 ГДК. Це, ймовірно, зумовлено різницею в будові кореневої системи, яка є бар'єром проти транспорту важких металів у системі ґрунт – рослина. У чорноземах завдяки значному вмісту гумусу катіони металів фіксуються органікою в шарі ґрунту 0–30 см, і забруднення формується головним чином в орному шарі.

Основна частина кореневої системи ранніх ярих міститься в шарі 5–20 см, що зумовлює більшу чутливість до важких металів. У пшениці озимої в осінній період відбувається інтенсивний ріст кореневої системи, у фазу кушіння коренева система сягає глибини 50–60 см, тому навесні більша її частина знаходиться в шарі, який містить значно меншу кількість рухомих форм важких металів.

Інтенсивність біоаккумуляції важких металів оцінювали за допомогою коефіцієнта біологічного поглинання, який дозволяє зробити висновок про ступінь доступності елемента для рослин та його поведінку в системі ґрунт – рослина. Коефіцієнт біологічного поглинання визначали за співвідношенням хімічного елемента в золі рослин до його вмісту в ґрунті. Для цього попередньо в ґрунті було визначено вміст валових і потенційно рухомих форм важких металів (табл. 10).

Підвищений до фонового рівня вміст міді, цинку й свинцю зумовлений тим, що дослідне поле розташоване в зоні впливу Авдіївського коксохімічного заводу, з аеральними емісіями якого щорічно в навколишнє середовище надходить близько 5,0 т важких металів та їх сполук<sup>21</sup>. Серед них близько 1,3 т цинку, 0,8 т свинцю, 0,28 т міді й 0,08 т кадмію.

Таблиця 10

**Вміст важких металів в ґрунті дослідних ділянок**

Варіант дослідю	Вміст важких металів, мг/кг							
	Cu		Zn		Pb		Cd	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Пшениця озима	22,9	7,5	65,3	38,0	16,7	2,55	1,1	0,35
Ячмінь ярий	22,2	6,8	62,7	30,2	15,1	2,28	0,8	0,24
Фоновий вміст <sup>22</sup>	22	5	55	10	13	5	1	<0,3
НІР <sub>0,5</sub>		0,6		1,6		0,4		0,07

1\* – валові форми, 2\* – потенційно рухомі форми

<sup>21</sup> Довкілля Донеччини. Статистичний збірник. Донецьк, 2011. 165 с.

<sup>22</sup> Національна доповідь «Про стан родючості ґрунтів України» / С.А. Балюк, В.В. Медведєв, О.Г. Тараріко та ін. Київ, 2010. 113 с.



У табл. 11 наведені коефіцієнти біологічного поглинання важких металів для пшениці озимої та ячменю ярого відповідно.

Експериментальні дані вказують на специфічність накопичення важких металів у зерні сільськогосподарських культур. Мідь і цинк поглинаються рослинами значно активніше, оскільки вони є важливими мікроелементами, які необхідні для життєдіяльності рослинних організмів у кількостях у рази вище, ніж свинець і кадмій – елементи найбільш токсичного 1 класу небезпеки. За інтенсивністю переходу з ґрунту в рослини пшениці озимої та ячменю ярого елементи розташовуються в ряд  $Zn > Cu > Cd > Pb$ .

Таблиця 11

**Інтенсивність біоаккумуляції важких металів у зерні**

Сорт пшениці озимої	Коефіцієнт біологічного поглинання				Сорт ярого ячменю	Коефіцієнт біологічного поглинання			
	Cu	Zn	Pb	Cd		Cu	Zn	Pb	Cd
Донецька 46	0,25	0,56	0,10	0,19	Партнер	0,51	0,81	0,17	0,25
Донецька 48	0,55	0,74	0,05	0,07	Донецький 14	0,55	0,69	0,08	0,20
Одеська 267	0,55	0,74	0,09	0,17	Донецький 15	0,58	0,86	0,12	0,25
Олексіївка	0,55	0,74	0,10	0,15	Східний	0,62	0,89	0,14	0,30
Диво донецьке	0,25	0,68	0,09	0,13	Аверс	0,64	0,80	0,11	0,21
Перемога	0,56	0,74	0,05	0,17	Степовик	0,51	1,18	0,20	0,25
Білосніжка	0,51	0,70	0,05	0,14	Щедрик	0,47	1,26	0,18	0,16
Ігриста	0,57	0,73	0,06	0,12	Сталий	0,59	0,96	0,17	0,13
Юзовська	0,44	0,62	0,05	0,07	Аграрій	0,54	0,89	0,21	0,29
Попелюшка	0,79	0,73	0,15	0,21	Взірець	0,71	1,13	0,20	0,34
Богиня	0,48	0,65	0,06	0,13	Сталкер	0,66	1,14	0,21	0,29
Краплина	0,32	0,70	0,10	0,11	Аватар	0,74	1,23	0,17	0,34
Колумбія	0,73	0,98	0,11	0,23	Чарівний	0,64	1,08	0,18	0,21
Жайвір	0,59	0,73	0,06	0,10	Вакула	0,60	0,90	0,16	0,25
Епоха	0,52	0,72	0,05	0,06					
Ужинок	0,56	0,61	0,07	0,06					
Турунчук	0,48	0,74	0,10	0,05					

Таким чином, підбір сортів ячменю ярого й пшениці озимої, стійких до накопичення важких металів, дасть змогу отримувати високоякісне зерно, яке відповідає санітарно-гігієнічним та екологічним нормам, що в умовах індустриальних регіонів має велике практичне значення.

#### 4. Вплив біопрепаратів і регуляторів росту рослин на показники якості й безпеки зернової продукції

Ефективність комплексного застосування мікробних препаратів і рїстрегулювальних речовин для отримання якісного й екологічно безпечного зерна в умовах високого техногенного навантаження встановлена на прикладі інокуляції насіння зернових мікробними препаратами: діазофіт, поліміксобактерин, мікрогумін і позакореневої обробки посівів регулятором росту агростимулін.

Дослідження впливу бактеріальних добрив, регуляторів росту на показники якості й безпеки зерна озимої пшениці та ярого ячменю проводили в польовій сівозміні на дослідних ділянках Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України у 2014–2018 рр. Повторність у дослідах 3-кратна, розміщення ділянок систематичне. Площа облікової ділянки – 62,7 м<sup>2</sup>. Технології вирощування озимої пшениці та ярого ячменю загальноприйнятї, за винятком досліджених факторів.

Схема дослідів озимої пшениці передбачала передпосівне оброблення насіння біопрепаратами, регулятором росту рослин у день посіву з подальшим обприскуванням посівів у фазі трубкування.

Відзначено збільшення вмісту білку (0,3–0,6%) у зерні озимої пшениці під впливом обробки насіння та обприскування рослин за вегетацією (табл. 12).

Таблиця 12

#### Вплив біопрепаратів і регулятора росту рослин на показники якості зерна озимої пшениці сорту Олексїївка

Варіанти обприскування посівів на фонї передпосівної обробки насіння	Варіанти передпосівної обробки насіння									
	Вода		Діазофіт		Поліміксобактерин		Мікрогумін		Агростимулін	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль (вода)	26,2	11,7	28,1	11,7	29,9	11,4	29,5	12,1	29,9	11,1
Агростимулін	28,2	12,3	30,6	11,5	29,9	11,9	28,4	11,8	26,0	11,3

1 – вміст клейковини; 2 – вмісту білку, %

Більш суттєво обробки, які досліджувались, вплинули на вміст клейковини в зерні. Зерно мало клейковину в межах 28,1–29,9%, що більше від контролю на 1,9–3,7%. Максимальне збільшення вмісту клейковини в зерні озимої пшениці на 3,7% до контролю відбулося

у варіанті, де застосовували передпосівну інокуляцію насіння поліміксобактерином, агростимуліном. Якість клейковини практично не змінювалась і була в межах 96–100 од. пр. ІДК.

Фізичний показник якості зерна – маса 1 000 зерен – шляхом передпосівної обробки насіння збільшився на 0,8–2,2 г до контролю та мав максимальне значення 38,2 г за використання поліміксобактерину. Обприскування посівів регулятором росту агростимулін суттєво не вплинуло на масу 1 000 зерен. Екологізація технології вирощування озимої пшениці шляхом застосування мікробних препаратів забезпечила прибавку врожаю 0,39 т/га або 10,6%.

У польових дослідях розглянуто також вплив мікробних азотфіксувальних, фосформобілізувальних препаратів і біорегуляторів рослин природного походження на технологічні, біохімічні й санітарно-гігієнічні показники якості зерна озимої пшениці (табл. 13).

Таблиця 13

**Вплив мікробних препаратів і біостимулятора рослин Стимпо на показники якості зерна озимої пшениці**

Передпосівна обробка насіння	Показники якості зерна									
	Маса 1 000 зерен, г		Натура, г/дм <sup>3</sup>		Вміст, %				ІДК, од. прил.	
					білку		клейковини			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль (вода)	36,0	36,8	721	726	11,4	12,8	26,3	28,0	98	88
Діазофіт	37,2	38,8	729	733	12,6	13,2	30,0	33,6	85	78
Поліміксобактерин	38,2	39,2	729	735	11,6	11,8	27,8	28,6	85	87
Хетомік	37,4	38,0	726	730	11,0	11,0	27,5	29,2	90	85

*Варіанти обприскування посівів на фоні передпосівної обробки насіння: 1 – контроль (вода), 2 – біостимулятор Стимпо.*

Досліджені заходи позитивно вплинули на технологічні й біохімічні показники якості зерна. Поліміксобактерин разом зі Стимпо дав найбільшу в досліді масу 1 000 зерен – 39,2 г, що більше від контролю на 3,2 г. У цьому ж варіанті була максимальна прибавка врожаю – 0,50 т/га (14,3%) – у порівнянні з врожаєм на контролі 3,5 т/га. Вміст білку в зерні за застосування обробок зріс щодо контролю на 0,6–1,8% і мав абсолютні значення в межах 11,6–13,2%.

Найкращим за біохімічними показниками виявився варіант комплексного застосування діазофіту й Стимпо. Такий агротехнологічний захід забезпечив максимальне збільшення білковості зерна на 1,8%, а також максимальний вміст клейковини –

33,6%, що перевищило контроль на 10,3%. Водночас покращилась якість клейковини.

Під час вирощуванні зерна в умовах значного техногенного навантаження важливими є санітарно-гігієнічні показники продукції, зокрема це стосується вмісту важких металів (далі – ВМ) (табл. 14).

Таблиця 14

**Вплив мікробних препаратів і біостимулятора рослин Стимпо на санітарно-гігієнічні показники зерна озимої пшениці**

Передпосівна обробка насіння	Вміст важких металів мг/кг							
	Cu		Zn		Pb		Cd	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль (вода)	4,7	4,5	32,2	32,7	0,34	0,26	0,059	0,055
Діазофіт	4,5	4,1	31,6	31,3	0,25	0,22	0,053	0,048
Поліміксобактерин	4,2	4,0	33,0	33,2	0,20	0,15	0,048	0,032
Хетомік	4,6	4,2	32,5	31,9	0,30	0,26	0,060	0,050

*Варіанти обприскування посівів на фоні передпосівної обробки насіння: 1 – контроль (вода), 2 – біостимулятор Стимпо.*

Для встановлення кількісних параметрів міграції ВМ із ґрунту в рослини пшениці озимої визначали коефіцієнти біологічного поглинання ( $K_{б,п}$ ), які дають можливість оцінити вплив технології на процеси накопичення ВМ рослинами.  $K_{бп}$  визначали за співвідношенням вмісту металу в рослині до його вмісту в ґрунті.

Максимальний позитивний ефект дало комплексне застосування Поліміксобактерину й біостимулятору Стимпо. У такому варіанті вміст свинцю зменшився у 2,3 раза, кадмію – в 1,8 раза.  $K_{бп}$  на контролі становив для Pb – 0,47, з обробкою – 0,11, для Cd – 0,54 і 0,29 відповідно. Це пов'язано з утворенням малорухомих сполук із фосфатами й підвищенням стійкості рослин до транслокації важких металів, тобто екологічних стресорів. Таким чином, Поліміксобактерин виявляє протекторну дію до свинцю та кадмію, тому що його застосування зменшує надходження цих елементів у рослини пшениці озимої.

Інокуляція насіння ярого ячменю мікробним препаратом мікрогумін із подальшим позакореневим підживленням органічно-мінеральним добривом рослин у фазі трубкування сприяла одержанню додаткового врожаю 0,35 т/га або 11,6% у порівнянні з контролем, де врожайність складала 3,03 т/га за умови НСР<sub>0,5</sub> = 0,27 т/га. Одночасно застосування мікрогуміну й позакореневого підживлення

покращило технологічні й санітарно-гігієнічні показники якості зерна (табл. 15). Натура зерна зросла на 31 г/дм<sup>3</sup>, вміст білку був більшим на 0,4%. Вміст токсикантів – важких металів – не перевищував ГДК. Фізичний показник якості зерна – маса 1 000 зерен – збільшився на 1,6 г.

Таблиця 15

### Якість і безпека зерна ярого ячменю

Варіант	Показники					
	натура, г/дм <sup>3</sup>	вміст білку, %	вміст важких металів, мг/кг			
			Pb	Cd	Cu	Zn
Контроль	542,0	10,5	0,16	0,03	2,7	18,1
Інокуляція мікрогумін + позакоренеve підживлення	573,0	10,9	0,18	0,03	3,1	21,7

Таким чином, застосування препаратів біологічного походження дає змогу зменшити ризик забруднення зернової продукції під час вирощування в умовах промислових регіонів із високим рівнем техногенного навантаження на агросферу.

### ВИСНОВКИ

Сільгоспугіддя Донецької області, які перспективні для створення сировинних зон по виробництву екологічно безпечної продукції, що задовольняють вимогам за агрохімічними показниками й даним агроекологічного моніторингу, складають ~ 29%. Площа територій із помірним техногенним навантаженням займає 53% площі області.

Експериментальні дані свідчать, що на вміст білку суттєво впливають сорт та агрокліматичні умови вирощування. Технологічний показник якості зерна – кількість та якість клейковини – був кращим за посушливих умов вирощування. За вологих та оптимальних умов він дещо зменшувався, але ці коливання були незначними. Умови року найбільше впливали на натуру й масу 1 000 зерен. Сорт також істотно впливає на показники клейковини – кількість та якість, ступінь впливу становить 72,0% і 67,9% відповідно. Попередник і мінеральні добрива більшою мірою впливали на вміст клейковини.

Підбір сортів ячменю ярого й пшениці озимої, стійких до накопичення важких металів, дасть змогу отримувати високоякісне

зерно, яке відповідає санітарно-гігієнічним та екологічним нормам, що в умовах індустриальних регіонів має велике практичне значення. Мінімальне накопичення свинцю відзначено для сортів Донецька 48, Перемога, Білосніжка, Епоха. Вміст кадмію в зерні пшениці озимої змінювався від 0,022 мг/кг до 0,080 мг/кг, тобто 0,22 і 0,8 частки ГДК, найменший вміст кадмію спостерігався в сортів Юзовська, Епоха, Турунчук, Ужинок, Донецька 48. Серед сортів ячменю ярого найстійкішим до забруднення свинцем був Донецький 14, а чутливим – Сталкер. Щодо кадмію, найбільш толерантним був сорт Сталий, у зерні сортів Аватар і Взірєць відзначено найбільше накопичення кадмію – 0,8 частки ГДК.

Експериментальні дані вказують на специфічність накопичення важких металів у зерні сільськогосподарських культур. Мідь і цинк поглинаються рослинами значно активніше, оскільки вони є важливими мікроелементами, які необхідні для життєдіяльності рослинних організмів у кількостях у рази вище, ніж свинець і кадмій – елементи найбільш токсичного I класу небезпеки. За інтенсивністю переходу з ґрунту в рослини пшениці озимої та ячменю ярого елементи розташовуються в ряд  $Zn > Cu > Cd > Pb$ .

Застосування препаратів біологічного походження в технологіях дає змогу зменшити ризик забруднення зернової продукції під час вирощування в умовах промислових регіонів із високим рівнем техногенного навантаження на агросферу.

## **АНОТАЦІЯ**

Виробництво якісної та безпечної рослинної продукції неможливе без урахування екологічного стану агросфери й застосування сучасних екологічно безпечних агротехнологій. Для регіонів із високим рівнем техногенного навантаження на агроценози, яким є Донецька область, проблема відповідності сільгосппродукції сучасним стандартам якості й безпеки надзвичайно актуальна. Якість рослинницької продукції є результатом комплексної взаємодії природних та антропогенних факторів. На технологічний показник якості зерна – кількість та якість клейковини – найбільше впливає сорт, ступінь впливу становить 72,0% і 67,9% відповідно. Підбір сортів ячменю ярого й пшениці озимої, стійких до накопичення важких металів, дасть змогу отримувати високоякісне зерно, яке відповідатимете санітарно-гігієнічним та екологічним нормам. Зменшити ризик забруднення зернової продукції під час вирощування в умовах

промислових регіонів дає змогу застосування в технологіях препаратів біологічного походження.

### Література

1. Василенко М.Г., Стадник А.П., Душко П.М., Драга М.В., Кічігіна О.О., Зацарінна Ю.О. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 96–101. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2018.161350.

2. Вінюков О.О., Бондарева О.Б., Сіпун О.Л., Мамедова Е.І. Сучасні органічні технології – шлях екологізації сільськогосподарського виробництва. *Аграрний вісник Півдня*. 2014. № 1. С. 79–82.

3. Бондарева О.Б., Вінюков О.О., Коноваленко Л.І. Формування екологічно безпечної продукції зернових колосових в умовах південно-східного промислового регіону України. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 1–3 липня 2015 р. / Інститут агроекології і природокористування НААН України. Київ, 2015. С. 12–17.

4. Корсун С.Г., Клименко І.І., Болоховська В.А., Болоховський В.В. Транслокація важких металів у системі «грунт – рослина» за вапнування та впливу біологічних препаратів. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 29–35. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2019.163245.

5. Кривіч Н.Я., Білявський Ю.А., Мандзик Я.П. Вміст важких металів у ґрунті під озимою пшеницею та її продуктивність залежно від систем удобрення та способів основного обробітку. *Вісник Дніпропетровського аграрного університету*. 2004. № 1. С. 61–68.

6. Самохвалова В.Л., Фатеев А.И., Журавлева И.М. Аспекты изучения и оценка состояния загрязненной тяжелыми металлами системы почва-растение. *Агроекологічний журнал*. 2008. № 1. С. 28–36.

7. Грюнвальд Н.В. З якою ж системою контролю якості та безпекою зерна і продуктів його переробки Україна виходить на міжнародний ринок. *Зерно і хліб*. 2008. № 3. С. 44–46.

8. Прикладна біохімія та управління якістю продукції рослинництва : Підручник / за ред. М.М. Городнього. Київ : Арістей, 2006. 484 с.

9. Тогагинська О.В. Сучасні вимоги до якості продукції рослинництва (на прикладі зернових). *Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва* : матеріали науково-практичної конференції молодих учених. Київ, 2007. 124 с.

10. Адаменко Т.Н. Влияние почвенно-климатических и погодных условий на формирование качества зерна. *Хранение и переработка зерна*. 2006. № 5. С. 39–42.

11. Лясковский Н.Е. О химическом составе пшеничного зерна : учебник. Москва : Колос, 1965. 157 с.

12. Медведев П.В., Федотов В.А. Исследование влияния природно-географических и сортовых факторов на накопление тяжелых металлов яровой пшеницей. *Вестник Одесского государственного университета*. 2009. № 6 (100). С. 222–226.

13. Яковишина Т.Ф. Екологічна оцінка реакції-відгуку озимих зернових культур на забруднення ґрунту важкими металами. *Вісник Дніпропетровського аграрного університету*. 2008. № 2 (23). Т. 1. С. 122–131.

14. Яковишина Т.Ф. Екологічна оцінка толерантності сортів озимої пшениці до забруднення важкими металами. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2009. Вип. 7 (17). С. 64–67.

15. Тогагинська О.В. Спосіб агроекологічної оцінки сільськогосподарських територій щодо отримання високоякісного зерна озимої пшениці. *Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва* : зб. наук. статей III Всеук. науково-практич. конф. / УААН, Інститут агроекології. Київ, 2009. С. 62–64.

16. Науково-обґрунтована система ведення агропромислового виробництва Донеччини. Донецьк : «Регіон», 2007. 511 с.

17. Методичні рекомендації з надання статусу спеціальної сировинної зони та контролю за її використанням / за ред. академіка УААН О.І. Фурдичка. Київ, 2007. 35 с.

18. ДСТУ 3768: 2010. Пшениця. [Чинний від 2010-03-31]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 14 с. (Національний стандарт України).

19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.

20. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. Москва : ЦИНАО, 1992. 61 с.



21. Довкілля Донеччини. Статистичний збірник. Донецьк, 2011. 165 с.

22. Національна доповідь «Про стан родючості ґрунтів України» / С.А. Балюк, В.В. Медведєв, О.Г. Тараріко та ін. Київ, 2010. 113 с.

**Information about the authors:**

**Vinyukov Oleksandr Oleksandrovych,**

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher,

Director

Donetsk State Agricultural Science Station of the National Academy  
of Agrarian Sciences of Ukraine

1, Zashchitnikov Ukrainy str., Pokrovsk, Donetsk region, 85307, Ukraine

**Bondareva Olga Braunivna,**

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,

Scientific Secretary

Donetsk State Agricultural Science Station of the National Academy  
of Agrarian Sciences of Ukraine

1, Zashchitnikov Ukrainy str., Pokrovsk, Donetsk region, 85307, Ukraine