


АГРОНОМІЯ

УДК 633.112-024:631.8

Формування індивідуальної продуктивності пшениці твердої озимої за її структурними складовими залежно від системи удобрення

Калантир В.В. , Господаренко Г.М. , Любич В.В. , Желєзна В.В. 

Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com

Калантир В.В., Господаренко Г.М., Любич В.В., Желєзна В.В. Формування індивідуальної продуктивності пшениці твердої озимої за її структурними складовими залежно від системи удобрення. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 2. С. 65–74.

Kalantir V., Hospodarenko H., Liubych V., Zhelyezna V. Formation of individual productivity of winter durum wheat by its structural components depending on the fertilizer system. «Agrobiologia», 2021. no. 2, pp. 65–74.

Рукопис отримано: 18.10.2021 р.

Прийнято: 02.11.2021 р.

Затверджено до друку: 09.12.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-65-74

Індивідуальна продуктивність пшениці твердої озимої істотно змінюється залежно від системи удобрення в сівозміні, ефективність якої визначається погодними умовами вегетаційного періоду. Густота стебел, коефіцієнти кушіння істотно збільшуються від застосування повного мінерального добрива. Варіанти досліду з неповним поверненням у ґрунт винесеного з урожаєм фосфору і калію істотно не впливають на структуру врожаю. Кількість продуктивних стебел збільшувалась від 291 шт/м² у варіанті без добрив до 338 шт/м², або на 16 % за тривалого застосування N₇₅ у польовій сівозміні, й до 397 шт/м², або на 36 % за N₁₅₀. У варіанті з тривалим застосуванням N₇₅P₃₀K₄₀ цей показник був на 19 %, а за внесення N₁₅₀P₆₀K₈₀ – на 43 % більшим порівняно з неудобреними ділянками. Тривале застосування азотно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення за впливом на структуру врожаю було на рівні варіанта внесення N₁₅₀. Кількість продуктивних стебел у варіантах з неповним поверненням у ґрунт винесеного з урожаєм фосфору і калію була на рівні варіанта з повним мінеральним добривом (N₁₅₀P₃₀K₄₀). Найвищим коефіцієнт кушіння був у фазу виходу рослин у трубку – 2,00–2,07, а до кінця вегетації знижувався. Найнижчим коефіцієнт продуктивного кушіння був у фазу повної стиглості зерна – 1,09–0,54 залежно від системи удобрення. Тенденція впливу на цей показник була подібною до густоти стебел.

Внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшує масу зерен і їх кількість в одному колосі. Підвищення їх дози до 150 кг/га д. р. зменшує продуктивність колосу. Маса 1000 зерен зменшується за всіх систем удобрення в сівозміні, однак залишається дуже високою (≥ 35 г). У середньому за два роки проведених досліджень встановлено, що маса зерна в одному колосі збільшувалась від 1,51 г у варіанті без добрив до 1,63 г, або на 8 % за тривалого застосування N₇₅, а зменшувалась до 1,45 г, або на 4 % у варіанті внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив. Тривале застосування N₇₅P₃₀K₄₀ не впливало на цей показник порівняно з варіантом внесення лише 75 кг/га д. р. азотних добрив. У варіанті N₁₅₀P₆₀K₈₀ маса зерна в одному колосі була на рівні контролю. Маса 1000 зерен пшениці твердої озимої на неудобрених ділянках була 43,0 г, а за внесення азотних добрив – 41,0–41,7 г. У 2020 р. маса 1000 зерен була більшою – 41,5–43,3 г, тимчасом у 2021 р. – 40,3–42,6 г залежно від варіанта досліду. На врожайність зерна найбільше впливала азотна складова в системі удобрення.

Ключові слова: пшениця тверда озима, системи удобрення, складові структури урожаю, індекс стабільності.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Урожайність пшениці твердої озимої може бути 5,70–6,50 т/га [1]. Одним із основних чинників реалізації її продуктивності є мінеральне живлення, особливо азотне. Проблема з живленням частково може бути вирішена розміщенням посівів пшениці твердої озимої

після парових попередників. За таких умов проходить накопичення в ґрунті достатньої кількості азоту мінеральних сполук [2]. Однак площа, яку займають парові попередники, незначна. Крім цього, після них зазвичай розміщують пшеницю м'яку озиму. У 2020 р. в Україні горох вирощували на площі 280 тис. га, ріпак –

1,1 млн, сою – 1,4, кукурудзу – 5,4, соняшник – на 6,2 млн га [3]. Тому озимину доводиться розміщувати після непарових попередників. Вирощування пшениці твердої навіть після гороху не забезпечує формування високої продуктивності. Одним зі способів поліпшення умов її живлення після непарових попередників є застосування азотних добрив [4]. Вивчення питання щодо формування складових продуктивності пшениці важливе для визначення ефективності застосування добрив [5].

Пшениця тверда озима добре реагує на поліпшення умов мінерального живлення. Так, за вирощування її після соняшнику врожайність зерна становила 5,02 т/га, а після чистого пару – 6,48 т/га [1]. Важливою складовою наукових досліджень щодо продуктивності рослин є визначення можливих резервів її підвищення. Підвищення продуктивності пшениці твердої можливе завдяки збільшенню індивідуальної продуктивності рослини. Встановлено, що зі збільшенням урожайності пшениці твердої маса зерна в одному колосі зменшується. Водночас геометричні параметри зернівки не змінюються. У колосі збільшується кількість зернівок з меншою масою [6]. Однак складові структури урожаю можуть збільшуватись синхронно за умови поліпшення азотного живлення на тлі зрошення. Так, в умовах Степу України пшениця тверда озима може формувати 362–420 шт/м² продуктивних стебел на неудобрених ділянках. Застосування N₁₂₀P₆₀K₃₀ збільшувало їх кількість до 515–626 шт/м² залежно від сорту. Маса зерна в одному колосі за таких умов збільшувалась від 0,91 до 1,00–1,02 г, кількість зерен – від 21,9–22,2 до 22,3–23,6 шт., а маса 1000 зерен – від 40,9–41,5 до 43,5–44,9 г [7]. Вчені пояснюють це тим, що після припинення осінньої вегетації пшениця озима цілком забезпечена поживними речовинами для формування зародкового колосу, кількості стебел та їх виявлення у продуктивні стебла, а також високою реалізацією продуктивних показників колосу.

Сортові особливості та умови вирощування мають значний вплив на формування складових структури урожаю. Отримання високого врожаю пшениці твердої озимої забезпечує оптимальна структура агроценозу посіву [8]. Вчені вважають [9, 10], що врожай пшениці твердої озимої формується завдяки таким складовим: густоти продуктивного стеблостою, кількості зерен у колосі та їх маси. Водночас зазначається [11, 12], що для створення високопродуктивних посівів необхідно цілеспрямовано формувати кожен складову структури урожаю. Важливо також дотримуватися синхронного розвитку стебел, колосків та інших

складових структури [13]. Чим синхронніше та інтенсивніше проходять ростові процеси на кожному етапі органогенезу, тим вища реальна їх продуктивність.

Отже, на формування продуктивності пшениці твердої впливає низка чинників. Вплив їх взаємодії на цей процес складний, тому вимагає проведення детальніших досліджень. Азотне живлення рослин є одним із вирішальних чинників формування високої продуктивності цієї культури. Управління ним необхідне для запобігання азотного дефіциту, уникнення втрат урожаю і якості зерна та забруднення навколишнього природного середовища.

Мета дослідження – вивчення індивідуальної продуктивності пшениці твердої озимої за її структурними елементами залежно від системи удобрення в сівозміні.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах ННБВ Уманського НУС упродовж 2020–2021 рр. У досліді пшеницю тверду озиму сорту Андромеда вирощували після сої за різних систем удобрення в польовій сівозміні, в яких варіанти застосування добрив наведено в таблицях результатів досліджень [14]. У досліді перед закладанням чорнозем опідзолений мав такі показники родючості: рН_{KCl} = 5,7, вміст гумусу – 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений.

Урожайність визначали подільською прямим комбайнуванням, складові структури урожаю за методикою [15]. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку використовували коефіцієнт детермінації за шкалою Чеддока: 0,1–0,3 – незначний зв'язок; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний. Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового однофакторного дисперсійного аналізу польового досліді. Індекс стабільності визначали за формулою

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

Результати дослідження та обговорення.

Густота пшениці твердої озимої змінювалась від фази росту та розвитку рослин, удобрення та погодних умов (табл. 1). Незважаючи на затримання сходів до 25 січня в 2020 р., кількість стебел була вищою порівняно з 2021 р. Так, у фазу виходу рослин у трубку вона збільшувалась від 541 на контролі до 554 шт/м² у варіантах досліді з внесенням азотних добрив. Упро-

довж вегетаційного періоду кількість стебел зменшувалась. У фазу колосіння на неудообрених ділянках вона становила 301 шт/м² та збільшувалась до 343–350 за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив і до 406–419 шт/м² у варіанті досліді з тривалим застосуванням 150 кг/га д. р. азотних добрив. Слід відзначити, що тривале застосування P₆₀K₈₀ істотно не впливало на формування густоти стебел пшениці твердої озимої. Однак на їх тлі азотні добрива сприяли збільшенню кількості стебел. Так, кількість продуктивних стебел збільшувалась від 291 шт/м² у варіанті без добрив до 338 шт/м², або на 16 % за тривалого застосування N₇₅, і

до 397 шт/м², або на 36 % за внесення N₁₅₀. У варіанті з тривалим застосуванням у сівозміні N₇₅P₃₀K₄₀ цей показник був на 19 %, а за внесення N₁₅₀P₆₀K₈₀ – на 43 % більшим порівняно з неудообреними ділянками. Тривале застосування азотно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення було на рівні варіанта внесення N₁₅₀. Кількість продуктивних стебел у варіантах з неповним поверненням у ґрунт винесеного з урожаєм фосфору і калію була на рівні варіанта з повним мінеральним добривом, а непродуктивних стебел – зменшувалась від 9 шт/м² у варіанті без добрив до 2–8 шт/м² залежно від системи удобрення в сівозміні.

Таблиця 1 – Густина пшениці твердої озимої за різних систем удобрення, шт/м²

Варіант досліді	Фаза росту та розвитку рослин				
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 92		
			1	2	3
2020 р.					
Без добрив (контроль)	541	301	300	291	9
N ₇₅	554	343	342	338	4
N ₁₅₀	554	406	405	397	8
P ₆₀ K ₈₀	541	302	300	295	5
N ₁₅₀ K ₈₀	554	409	408	404	4
N ₁₅₀ P ₆₀	554	416	414	408	6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	554	351	350	346	4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	554	418	417	415	2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	554	419	418	410	8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	554	412	410	404	6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	554	410	409	401	8
<i>HIP</i> ₀₅	26	19	18	16	1
2021 р.					
Без добрив (контроль)	413	255	254	239	15
N ₇₅	439	264	263	251	12
N ₁₅₀	535	313	312	304	8
P ₆₀ K ₈₀	422	259	257	245	12
N ₁₅₀ K ₈₀	538	319	318	310	8
N ₁₅₀ P ₆₀	535	325	324	318	6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	462	282	280	274	6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	540	328	327	320	7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	538	319	318	310	8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	540	328	326	319	7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	538	326	325	317	8
<i>HIP</i> ₀₅	27	16	16	15	1

Примітка: 1 – загальна кількість стебел, 2 – кількість продуктивних стебел, 3 – непродуктивних.

У 2021 р. густина пшениці твердої озимої була меншою порівняно з 2020 р. упродовж усього вегетаційного періоду. Водночас тенденція впливу різних систем удобрення була подібною до 2020 р. Кількість продуктивних стебел збільшувалась від 239 шт/м² у варіанті без добрив до 251–320 шт/м² за тривалого застосування добрив у сівозміні. Однак цей показник був на 18–23 % меншим порівняно з 2020 р. Отже, найбільше на формування густоти пшениці твердої озимої впливає азотна складова повного мінерального добрива.

Найвищим коефіцієнт кущіння був у фазу виходу рослин у трубку – 2,0–2,07 (табл. 2). До

закінчення вегетації він знижувався. Найнижчим був коефіцієнт продуктивного кущіння у фазу повної стиглості зерна – 1,09–0,54 залежно від системи удобрення. Тенденція впливу на цей показник була подібною до густоти стебел. Слід відзначити, що в 2020 р. було 267 шт/м² рослин, а в 2021 р. – 195 шт/м². Тому коефіцієнт кущіння в 2020 р. був нижчим порівняно з 2021 р. У 2021 р. коефіцієнт кущіння у фазу виходу рослин у трубку був вищим порівняно з 2020 р. – 2,12–2,77, або на 4–34 %. Коефіцієнт продуктивного кущіння збільшувався від 1,23 у варіанті без добрив до 1,29–1,64 залежно від системи удобрення, або на 5–33 %.

Таблиця 2 – Коефіцієнти кущіння пшениці твердої озимої за різних систем удобрення

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку рослин			
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 92	
			1	2
2020 р.				
Без добрив (контроль)	2,03	1,13	1,12	1,09
N ₇₅	2,07	1,28	1,28	1,27
N ₁₅₀	2,07	1,52	1,52	1,49
P ₆₀ K ₈₀	2,03	1,13	1,12	1,10
N ₁₅₀ K ₈₀	2,07	1,53	1,53	1,51
N ₁₅₀ P ₆₀	2,07	1,56	1,55	1,53
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,07	1,31	1,31	1,30
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,07	1,57	1,56	1,55
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,07	1,57	1,57	1,54
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,07	1,54	1,54	1,51
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,07	1,54	1,53	1,50
<i>NIP₀₅</i>	0,11	0,07	0,07	0,06
2021 р.				
Без добрив (контроль)	2,12	1,31	1,30	1,23
N ₇₅	2,25	1,35	1,35	1,29
N ₁₅₀	2,74	1,61	1,60	1,56
P ₆₀ K ₈₀	2,16	1,33	1,32	1,26
N ₁₅₀ K ₈₀	2,76	1,64	1,63	1,59
N ₁₅₀ P ₆₀	2,74	1,67	1,66	1,63
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,37	1,45	1,44	1,41
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,77	1,68	1,68	1,64
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,76	1,64	1,63	1,59
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,77	1,68	1,67	1,64
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,76	1,67	1,67	1,63
<i>NIP₀₅</i>	0,13	0,07	0,07	0,06

Примітка: коефіцієнт кущіння: 1 – загальний, 2 – продуктивний.

У середньому за два роки проведених досліджень встановлено, що маса зерна в одному колосі збільшувалась від 1,51 г у варіанті без добрив до 1,63 г, або на 8 % за тривалого застосування N_{75} , а зменшувалась до 1,45 г, або на 4 % у варіанті внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив (табл. 3). Тривале застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ у польовій сівозміні не впливало на цей показник порівняно з варіантом внесення лише 75 кг/га д. р. азотних добрив. У варіанті $N_{150}P_{60}K_{80}$ маса зерна в одному колосі була на рівні контролю. У варіантах з неповним поверненням у ґрунт винесеного з урожаєм фосфору і калію вона була на 1–4 % меншою порівняно з варіантом без добрив. Слід відзначити, що тривале застосування фосфорних і калійних добрив у сівозміні збільшувало масу зерна в одному колосі на 6 %. Індекс стабільності за таких умов цьому знижувався від 1,34 до 1,41–1,59 залежно від системи удобрення.

Несприятливі погодні умови 2020 р. (низька температура повітря у фазу виходу рослин у трубку, мінусові температури повітря під час росту рослин у фазу ВВСН 33, менша кількість опадів упродовж вегетаційного періоду – 218 мм) знижували урожайність пшениці твердої озимої. У зв'язку з цим маса зерна в одному колосі була від 1,13 до 1,33, однак застосування азотних добрив істотно зменшувало її. Сприятливіша температура повітря і більша кількість опадів у вегетаційний період 2021 р. (243,4 мм) сприяли формуванню більшої маси зерна в одному колосі на 34–57 % залежно від варіанта досліджу. Застосування різних систем

удобрення в сівозміні істотно збільшувало цей показник за тривалого внесення N_{75} , а в решті варіантах він не змінювався порівняно з контролем.

Тенденція формування кількості зерен в одному колосі була подібною до показника маси зерна в одному колосі. Так, у середньому за два роки проведених досліджень вона збільшувалась від 35,2 до 39,2 шт., або на 11 % за тривалого застосування лише 75 кг/га д. р. азотних добрив (табл. 4). Внесення найбільшої дози азотних добрив на тлі фосфорних і калійних не змінювало кількості зерен в одному колосі – 35,3–36,6 шт., індекс стабільності становив 1,43–1,68.

За сприятливіших погодних умов 2021 р. кількість зерен в одному колосі збільшувалась від 40,7 до 47,8 шт. за внесення N_{75} , або на 17 %, і до 42,9 шт. у варіанті досліджу N_{150} , або на 5 %. У варіантах застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив на тлі фосфорних і калійних їх було 43,7–45,9 шт., або на 5–13 % більше порівняно з контролем. За погодних умов 2020 р. застосування лише 75 кг/га д. р. азотних добрив сприяло істотному збільшенню кількості зерен в одному колосі – до 30,6 шт., або на 3 %, а в решті варіантах застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив їх кількість істотно зменшувалась до 26,9–27,3 шт. Слід відзначити, що тривале застосування у сівозміні $P_{60}K_{80}$ без азотних добрив не зменшувало кількості зерен в одному колосі порівняно з неудобреними ділянками і було на рівні 30,2–43,2 шт. залежно від року проведення дослідження.

Таблиця 3 – Маса зерна в одному колосі пшениці твердої озимої за різних систем удобрення, г

Варіант досліджу	Рік дослідження		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
Без добрив (контроль)	1,29	1,73	1,51	1,34
N_{75}	1,27	1,98	1,63	1,56
N_{150}	1,14	1,75	1,45	1,54
$P_{60}K_{80}$	1,33	1,87	1,60	1,41
$N_{150}K_{80}$	1,14	1,74	1,44	1,53
$N_{150}P_{60}$	1,14	1,81	1,48	1,59
$N_{75}P_{30}K_{40}$	1,27	1,96	1,62	1,54
$N_{150}P_{60}K_{80}$	1,16	1,85	1,51	1,59
$N_{150}P_{30}K_{40}$	1,13	1,77	1,45	1,57
$N_{150}P_{60}K_{40}$	1,15	1,83	1,49	1,59
$N_{150}P_{30}K_{80}$	1,16	1,77	1,47	1,53
$НІР_{05}$	0,06	0,09	–	–

Таблиця 4 – Кількість зерен в одному колосі пшениці твердої озимої за різних систем удобрення, шт.

Варіант досліджу	Рік дослідження		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
Без добрив (контроль)	29,7	40,7	35,2	1,37
N ₇₅	30,6	47,8	39,2	1,56
N ₁₅₀	27,6	42,9	35,3	1,55
P ₆₀ K ₈₀	30,2	43,2	36,7	1,43
N ₁₅₀ K ₈₀	27,1	42,5	34,8	1,57
N ₁₅₀ P ₆₀	26,9	44,8	35,9	1,67
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	30,2	47,8	39,0	1,58
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	27,3	45,9	36,6	1,68
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	26,9	43,7	35,3	1,62
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	27,1	45,2	36,2	1,67
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	27,5	43,7	35,6	1,59
<i>HIP</i> ₀₅	1,4	2,3	–	–

Маса 1000 зерен пшениці твердої озимої як у середньому, так і за роки проведення досліджень зменшувалась, однак індекс стабільності був на рівні 1,00–1,06 (табл. 5). На неудо-бренних ділянках вона була 43,0 г, а за внесення азотних добрив – 41,0–41,7 г залежно від варіанта досліджу. Слід відзначити, що лише тривале застосування фосфорних і калійних добрив не зменшувало цього показника. У 2020 р. маса

1000 зерен була більшою – 41,5–43,3 г, тимчасом у 2021 р. – 40,3–42,6 г залежно від варіанта досліджу.

Для пшениці дуже високою вважається маса 1000 зерен > 35 г, високою – 30–35, середньою – 27–30, низькою < 27 г [82]. Отже, маса 1000 зерен пшениці твердої озимої була дуже високою як у середньому, так і за роками проведення досліджень.

Таблиця 5 – Маса 1000 зерен пшениці твердої озимої за різних систем удобрення, г

Варіант досліджу	Рік дослідження		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
Без добрив (контроль)	43,3	42,6	43,0	1,02
N ₇₅	41,5	41,5	41,5	1,00
N ₁₅₀	41,3	40,7	41,0	1,01
P ₆₀ K ₈₀	43,9	43,4	43,7	1,01
N ₁₅₀ K ₈₀	42,1	40,9	41,5	1,03
N ₁₅₀ P ₆₀	42,3	40,3	41,3	1,05
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	42,2	41,1	41,7	1,03
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	42,6	40,3	41,5	1,06
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	42,0	40,6	41,3	1,03
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	42,5	40,4	41,5	1,05
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	42,3	40,6	41,5	1,04
<i>HIP</i> ₀₅	2,1	1,9	–	–

Урожайність зерна пшениці твердої озимої змінювалась залежно від системи удобрення в польовій сівозміні (табл. 6). Так, у середньому за два роки проведення досліджень вона збільшувалась від 3,61 т/га на неудобрених ділянках до 4,24 т/га, або на 17 % за тривалого застосування N_{75} , і до 4,51 т/га, або на 25 % за N_{150} . У варіанті внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$ урожайність збільшувалась до 4,45 т/га, або на 23 %, а за подвійної дози ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – до 4,88 т/га, або на 35 %. У варіантах з неповним поверненням у ґрунт виносеного з урожаєм фосфору і калію вона була на рівні 4,57–4,80 т/га. Слід відзначити, що застосування лише фосфорних і калійних добрив найменше впливало на врожайність, підвищуючи її лише на 6 % порівняно з контролем. Індекс стабільності за таких умов знижувався від 1,14 до 1,29.

рослин у 2020 р. не було, оскільки зима була з меншими мінусовими температурами. Крім цього, попередніми дослідженнями встановлено [16], що рослинні рештки сої мають високу алелопатичну здатність на насінні властивості зерна пшениці. Інтенсивне кушіння наповесні рослин пшениці твердої озимої в 2021 р. забезпечило вищий коефіцієнт кушіння порівняно з 2020 р. Маса зерен в одному колосі і маса 1000 зерен зменшувалась завдяки збільшенню кількості продуктивних стебел, оскільки зменшувалась площа живлення рослин. У дослідженнях інших вчених [17], маса 1000 зерен також зменшувалась з поліпшенням азотного живлення рослин пшениці твердої. Однак урожайність за таких умов не зменшувалась. Очевидно, що вона збільшувалась завдяки іншим елементам індивідуальної продуктивності [18]. В агротех-

Таблиця 6 – Урожайність зерна пшениці твердої озимої за різних систем удобрення, т/га

Варіант досліджу	Рік дослідження		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
Без добрив (контроль)	3,37	3,85	3,61	1,14
N_{75}	3,90	4,57	4,24	1,17
N_{150}	4,06	4,95	4,51	1,22
$P_{60}K_{80}$	3,53	4,19	3,86	1,19
$N_{150}K_{80}$	4,12	5,02	4,57	1,22
$N_{150}P_{60}$	4,18	5,23	4,71	1,25
$N_{75}P_{30}K_{40}$	3,98	4,92	4,45	1,24
$N_{150}P_{60}K_{80}$	4,31	5,45	4,88	1,26
$N_{150}P_{30}K_{40}$	4,13	5,10	4,62	1,23
$N_{150}P_{60}K_{40}$	4,18	5,41	4,80	1,29
$N_{150}P_{30}K_{80}$	4,16	5,23	4,70	1,26
HP_{05}	0,20	0,26	–	–

Урожайність зерна за сприятливіших погодних умов у 2021 р. була більшою на 14–26 % порівняно з 2020 р. Водночас ефективність удобрення також була різною. Так, у 2021 р. приріст урожайності зерна був від 0,72 до 1,60 т/га, а в 2020 р. – від 0,53 до 0,94 т/га залежно від системи удобрення в сівозміні.

Формування індивідуальної продуктивності змінювалось залежно від погодних умов і систем удобрення в сівозміні. Так, у 2020 р. було 267 шт/м² рослин, тому кількість стебел була більшою. У 2021 р. пшениця зійшла наприкінці третьої декади листопада. Взимку за мінусових температур певна частина рослин загинула, тому було лише 195 шт/м² рослин. Вимерзання

нології пшениці твердої основною складовою є застосування азотних добрив [19, 20]. Урожайність пшениці твердої може змінюватись від 1,88 до 8,57 т/га залежно від абіотичних і біотичних чинників [18]. Результати кореляційного аналізу підтверджують, що між масою 1000 зерен і густотою продуктивних стебел існує обернений високий зв'язок ($r = -0,85$), а з масою зерна в одному колосі – обернений дуже високий ($r = -0,96$). Між кількістю зерен в одному колосі та густотою продуктивних стебел встановлено обернений помірний кореляційний зв'язок ($r = -0,35$), між масою 1000 зерен, масою зерна в одному колосі та кількістю зерен в одному колосі – прямий помірний (відповідно $r = 0,45$ і $r = 0,34$).

Висновки. Індивідуальна продуктивність пшениці твердої озимої істотно змінюється залежно від системи удобрення в сівозміні, ефективність якої визначається погодними умовами вегетаційного періоду. Густота стебел, коефіцієнти кушіння істотно збільшуються від доз і поєднання видів мінеральних добрив. Варіанти досліду з неповним поверненням у ґрунт винесеного з урожаєм фосфору і калію істотно не впливають на структурні складові врожаю. Маса зерен і їх кількість в одному колосі збільшуються за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив. Підвищення їх дози до 150 кг/га д. р. зменшує продуктивність колосу. Маса 1000 зерен зменшується за всіх систем удобрення в сівозміні, однак залишається дуже високою (≥ 35 г). На врожайність зерна найбільше впливає азотна складова системи удобрення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов А.С. Сроки посева твердой озимой пшеницы. Зерновое хозяйство России. 2019. №6. С. 28–32.
2. Самофалова Н.Е., Дубинина О.А., Самофалов А.П., Иличкина Н.П. Роль метеофакторов в формировании продуктивности озимой твердой пшеницы. Зерновое хозяйство России. 2019. № 5(65). С. 18–23.
3. Мінекономіки: Посівна 2020 на завершальній стадії. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/minekonomiki-posivna-2020-na-zavershalnij-stadiyi>.
4. Любич В.В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. Вісник Дніпропетровського ДАЕУ. 2017. № 2. С. 35–41.
5. Nelson K.A., Motavalli P.P., Nathan M. Nitrogen fertilizer sources and application timing affects wheat and inter-seeded red clover yields on claypan soils. *Agronomy*. 2014. Vol. 4. P. 497–513.
6. Ferrante A., Savin R., Slafer G. Relationship between fruiting efficiency and grain weight in durum wheat. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 177. P. 145–156.
7. Базалій В.В., Панкєєв С.В., Карашук Г.В. Урожайність зерна сортів пшениці озимої м'якої та твердої залежно від фону живлення в умовах зрошення півдня України. Таврійський науковий вісник. 2013. Вип. 84. С. 3–10.
8. On problem of establishing the intensity level of crop variety and its yield value subject to the environmental conditions and constraints / Kharchenko O. et al. *AgroLife scientific journal*. 2019. Vol. 8. № 1. P. 113–119.
9. Almaliev M., Kostadinova S., Panayotova G. Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. *Agriculture&Forestry*. 2014. Vol. 60 (4). P. 127–134.
10. Effect of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in relation to estimated moisture supply / Gauer L. et al. *Can. J. Plant Sci.* 1992. Vol. 72. P. 235–241.
11. Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) under Rainfed

Conditions / Hannachi A. et al. *Journal of Agriculture and Sustainability*. 2013. Vol. 3(2). P. 122–131.

12. Slafer G.A., Savin R., Sandras V.O. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crop Res.* 2014. Vol. 157. P. 71–83.

13. Genetic variability, correlation and path analysis in durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.) / Tsegaye D. et al. *Agricultural Research and Reviews*. 2012. Vol. 1(4). P. 107–112.

14. Стаціонарні польові досліди України: реєстр атестатів. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.

15. Основи наукових досліджень в агрономії / Єщенко В.О. та ін. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

16. Господаренко Г.М., Любич В.В. Алелопатія рослинних решток на посівні властивості зерна пшениці м'якої озимої. Збірник Уманського НУС. 2021. Вип. 98. С. 246–254.

17. Panayotova G., Kostadinova S., Valkova N. Durum wheat quality as affected by genotype and nitrogen. *Agronomy*. 2015. Vol. 58. P. 277–283.

18. Rustamov Kh.N., Akparov Z.I., Abbasov M.A. Adaptive potential of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) varieties of Azerbaijan. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020. Vol. 181(4). P. 9–15.

19. Mahmud A.A. Growth, yield and its attributes of durum wheat as affected by sowing dates and seeding rates under Libyan conditions. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2021. Vol. 42, No. 2. P. 540–545.

20. Yasser A.M. Hefny Response of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* Desf.) for potassium fertilization levels in newly reclaimed soil. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 3 (1). P. 66–78.

REFERENCES

1. Popov, A.S. (2019). Sroki poseva tverdoj ozimoj pshenicy [Time of sowing solid winter wheat]. *Zernovoe khoziaistvo Rossy* [Grain farming of Russia], no. 6, pp. 28–32.
2. Samofalova, N.E., Dubinina, O.A., Samofalov, A.P., Ilichkina, N.P. (2019). Rol' meteofaktorov v formirovanii produktivnosti ozimoj tverdoj pshenicy [The role of meteorofactors in the formation of the productivity of winter solid wheat]. *Zernovoe khoziaistvo Rossy* [Grain farming of Russia]. Vol. 5 (65), pp. 18–23.
3. Minekonomiky: Posivna 2020 na zavershalnij stadii [Ministry of Economy: Sowing 2020 is in its final stages.]. Available at: <https://www.kmu.gov.ua/news/minekonomiki-posivna-2020-na-zavershalnij-stadiyi>.
4. Liubych, V.V. (2017). Hlibopekars'ki vlastyvoli zerna sortiv pshenicy ozymoї zalezno vid vydiv, norm i strokiv zastosuvannja azotnyh dobryv [Bread properties of grain of wheat varieties of winter depending on types, norms and terms of nitrogen fertilizer application]. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo DAEU* [Bulletin of Dnipropetrovs'k State Technical University]. Vol. 2, pp. 35–41.
5. Nelson, K.A., Motavalli, P.P., Nathan, M. (2014). Nitrogen fertilizer sources and application timing affects wheat and inter-seeded red clover yields on claypan soils. *Agronomy*. Vol. 4, pp. 497–513.
6. Ferrante, A., Savin, R., Slafer, G. (2015). Relationship between fruiting efficiency and grain weight in durum wheat. *Field Crops Research*. Vol. 177, pp. 145–156.

7. Basaliy, V.V., Pankeev, S.V., Karushchuk, G.V. (2013). Urozhajnist' zerna sortiv pshenyци ozymoї' m'jakoi' ta tverdoi' zalezno vid fonu zhyvlennja v umovah zroshennja pivdnja Ukrai'ny [Vintage grain of winter wheat varieties of soft and solid depending on the power supply in the conditions of irrigation of the south of Ukraine]. Tavriskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Vol. 84, pp. 3–10.

8. Kharchenko, O., Zakharchenko, E., Kovalenko, I., Prasol, V., Pshychenko, O., Mishchenko, Y. (2019). On problem of establishing the intensity level of crop variety and its yield value subject to the environmental conditions and constraints. AgroLife scientific journal. Vol. 8, pp. 113–119.

9. Almaliev, M., Kostadinova, S., Panayotova, G. (2014). Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. Agriculture & Forestry. Vol. 60(4), pp. 127–134.

10. Gauer, L., Grant, C.A., Geht, D.T., Bailey, L.D. (1992). Effect of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in relation to estimated moisture supply. Can. J. Plant Sci. Vol. 72, pp. 235–241.

11. Hannachi, A., Fellahi, Z.A., Bouzerzour, H., Boutekrabt, A. (2013). Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) under Rainfed Conditions. Journal of Agriculture and Sustainability. Vol. 3(2), pp. 122–131.

12. Slafer, G.A., Savin, R., Sandras, V.O. (2014). Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. Field Crop Res. Vol. 157, pp. 71–83.

13. Tsegaye, D., Dessalegn, T., Dessalegn, E., Share, G. (2012). Genetic variability, correlation and path analysis in durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.). Agricultural Research and Reviews. Vol. 1(4), pp. 107–112.

14. Stacionarni pol'ovi doslidy Ukrai'ny: rejestr atestativ [Stationary field experiments of Ukraine: register of certificates]. Kyiv, Agrarian Science, 2014, 146 p.

15. Yeshchenko, V.O., Kopitko, P.G., Kostogriz, P.V., Oproshko, V.P. (2014). Osnovy naukovyh doslidzen' v agronomii' [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnitsa, PP TD Edelweiss and K, 332 p.

16. Hospodarenko, G.M., Liubych, V.V. (2021). Alelopatija roslynnyh reshtok na posivni vlastyvoli zerna pshenyци m'jakoi' ozymoї' [Alelopathy of plant residues on sowing properties of grain of soft winter wheat]. Zbirnyk Umanskoho NUS [A collection of Uman Nes]. Vol. 98, pp. 246–254.

17. Panayotova, G., Kostadinova, S., Valkova, N. (2015). Durum wheat quality as affected by genotype and nitrogen. Agronomy. Vol. 58, pp. 277–283.

18. Rustamov, Kh.N., Akparov, Z.I., Abbasov, M.A. (2020). Adaptive potential of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) varieties of Azerbaijan. Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. Vol. 181(4), pp. 9–15.

19. Mahmud, A.A. (2021). Growth, yield and its attributes of durum wheat as affected by sowing dates and seeding rates under Libyan conditions. Alexandria Science Exchange Journal. Vol. 42, no.2, pp. 540–545.

20. Yasser, A.M. (2021). Hefny Response of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* Desf.) for potassium fertilization levels in newly reclaimed soil. Scientific Journal of Agricultural Sciences. Vol. 3 (1), pp. 66–78.

Формирование индивидуальной продуктивности пшеницы твердой озимой по ее структурным составляющим в зависимости от системы удобрения

Калантир В.В., Господаренко Г.Н., Любич В.В., Железная В.В.

Индивидуальная продуктивность пшеницы твердой озимой существенно изменяется в зависимости от системы удобрения в севообороте, эффективность которой определяется погодными условиями вегетационного периода. Количество стеблей, коэффициенты кущения существенно увеличиваются от применения полного минерального удобрения. Варианты опыта с неполным возвратом в почву вынесенного с урожаями фосфора и калия существенно не влияют на структуру урожая. Количество продуктивных стеблей увеличивалось от 291 шт/м² в варианте без удобрений до 338 шт/м², или на 16 % при длительном применении N₇₅ в полевом севообороте, и до 397 шт/м², или на 36 % при N₁₅₀. В варианте с длительным применением N₇₅P₃₀K₄₀ этот показатель был на 19 %, а при внесении N₁₅₀P₆₀K₈₀ – на 43 % больше по сравнению с неудобренными участками. Длительное применение азотно-калийной и азотно-фосфорной системы удобрения по влиянию на структуру урожая было на уровне варианта внесения N₁₅₀. Количество продуктивных стеблей в вариантах с неполным возвратом в почву вынесенного с урожаями фосфора и калия было на уровне варианта с полным минеральным удобрением (N₁₅₀P₆₀K₈₀). Высоким коэффициент кущения был в фазу выхода растений в трубку – 2,00–2,07, а к концу вегетации снижался. Низким коэффициент продуктивного кущения был в фазу полной спелости зерна – 1,09–0,54 в зависимости от системы удобрения. Тенденция влияния на этот показатель была подобна густоте стеблей. Внесение 75 кг/га д. в. азотных удобрений увеличивает массу зерен и их количество в одном колосе. Повышение их дозы до 150 кг/га д. в. уменьшает продуктивность колоса. Масса 1000 зерен уменьшается при всех системах удобрения в севообороте, однако остается очень высокой (≥ 35 г). В среднем за два года проведенных исследований установлено, что масса зерна в одном колосе увеличивалась от 1,51 г в варианте без удобрений до 1,63 г, или на 8 % при длительном применении N₇₅, а уменьшалась до 1,45 г, или на 4 % в варианте внесения 150 кг/га д. в. азотных удобрений. Длительное применение N₇₅P₃₀K₄₀ не влияло на этот показатель по сравнению с вариантом внесения лишь 75 кг/га д. в. азотных удобрений. В варианте N₁₅₀P₆₀K₈₀ масса зерна в одном колосе была на уровне контроля. Масса 1000 зерен пшеницы твердой озимой на неудобренных участках была 43,0 г, а при внесении азотных удобрений – 41,0–41,7 г. В 2020 г. масса 1000 зерен была больше – 41,5–43,3 г, тогда как в 2021 г. – 40,3–42,6 г в зависимости от варианта опыта. На урожайность зерна больше влияла азотная составляющая в системе удобрения.

Ключевые слова: пшеница твердая озимая, системы удобрения, составляющие структуры урожая, индекс стабильности.

Formation of individual productivity of winter durum wheat by its structural components depending on the fertilizer system

Kalantir V., Hospodarenko H., Liubych V., Zhelezna V.

The individual productivity of winter durum wheat varies significantly depending on the fertilizer system in crop rotation, the effectiveness of which is determined

by the weather conditions of the growing season. Stem density, tillering coefficients increase significantly due to the application of complete fertilizer. Variants of the experiment with incomplete return of phosphorus and potassium removed with crops do not significantly affect the structure of the crop. The amount of productive stems increased from 291 pcs/m² in the version without fertilizers to 338 pcs/m² or by 16 % for prolonged use of N₇₅ in field crop rotation and to 397 pcs/m², or by 36 % for N₁₅₀. In the version with prolonged use of N₇₅P₃₀K₄₀, this figure was 19 %, and with the application of N₁₅₀P₆₀K₈₀ – 43 % higher compared to unfertilized sites. Prolonged use of nitrogen-potassium and nitrogen-phosphorus fertilizer system in terms of the impact on the structure of the crop was at the level of the N₁₅₀ application option. The number of productive stems in versions with incomplete return to the soil of phosphorus and potassium removed with crops was at the level of the variant with complete fertilizer (N₁₅₀P₃₀K₄₀). The highest tillering coefficient was in the phase of plants entering the tube – 2.00–2.07, and by the end of the growing season it was decreasing. The lowest coefficient of productive tillering was at fully ripe stage of grain – 1.09–0.54 depending on the fertilizer system. The tendency to influence this indicator was similar to the density of stems.

Application of 75 kg a.i./ha of nitrogen fertilizers increases the weight of grains and their number per ear. Increasing their dose up to 150 kg a.i./ha reduces the productivity of the ear. The weight of 1000 grains decreases for all fertilizer systems in crop rotation, but remains very high (≥ 35 g). On average over two years of research it was found that the weight of grain from one ear increased from 1.51 g in the version without fertilizers to 1.63 g or by 8 % with prolonged use of N₇₅, and decreased to 1.45 g, or by 4 % in the version of application of 150 kg a.i./ha of nitrogen fertilizers. Prolonged use of N₇₅P₃₀K₄₀ did not affect this figure compared to the option of applying only 75 kg a.i./ha of nitrogen fertilizers. In the N₁₅₀P₆₀K₈₀ version, the grain weight from one ear was at the control level. The weight of 1000 grains of winter durum wheat in unfertilized sites was 43.0 g, and with the application of nitrogen fertilizers was 41.0–41.7 g. In 2020, the weight of 1000 grains was larger and made 41.5–43.3 g, while in 2021 – 40.3–42.6 g, depending on the version of the experiment. Grain yield was most affected by the nitrogen component in the fertilizer system.

Key words: winter durum wheat, fertilizer systems, components of crop structure, stability index.



Copyright: Калантир В.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Калантир В.В.

Господаренко Г.М.

Любич В.В.

Желєзна В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-6768-0253>

<https://orcid.org/0000-0002-6495-2647>

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>

<https://orcid.org/0000-0002-1874-2155>