

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПАГОНІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА РІЗНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІНЕРАЛЬНИМ ЖИВЛЕННЯМ

Пшениця домінує у харчуванні населення багатьох регіонів, тому проблема постійного зростання виробництва зерна залишається актуальною [1]. Отримання максимального врожаю у зонах з ризикованим землеробством, до яких належить територія України, значною мірою залежить від пластичності сорту, ефективності використання природних ресурсів [2]. Сучасним сортам пшениці притаманна здатність адаптуватися до значних коливань температури, інтенсивності падаючої та поглинутої сонячної радіації, забезпеченості CO₂, мінеральним живленням, водою, що обумовлює реалізацію їх продуктивного потенціалу у несприятливих умовах навколишнього середовища [3, 4]. Використання нових технологій у селекції пшениці дозволяє включати в сорти окремі гени та групи генів інших видів злаків для підвищення врожайності і стійкості рослин, зокрема за рахунок збільшення кількості продуктивних пагонів [9]. Висока врожайність значної кількості сортів озимої пшениці обумовлюється наявністю у них житніх транслокацій, які викликають збільшення розмірів колоса, кількості зерен у ньому, маси зернівок. У сучасних аграрних технологіях критерій кількості зерен на одиницю площі посіву відносять до головних і визначальних для отримання високого врожаю [5]. Розвиток продуктивних пагонів, які потенційно здатен сформувати сорт, залежить не лише від його генетичних характеристик, а й від умов навколишнього середовища, найбільш значущими серед яких є забезпеченість мінеральним живленням, водою [6, 7]. Високопродуктивні сучасні сорти озимої пшениці вирізняються більш ефективним використанням ресурсів порівняно з раніше створеними сортами. Однак адаптивні стратегії сортів різного типу до умов недостатнього забезпечення основними елементами мінерального живлення все ще досліджені недостатньо. Зокрема, значимість бічних пагонів у продуктивності цілої рослини вивчалася для ярих пшениць за умов різного забезпечення водою [7]. Роль пагонів різного порядку у формуванні врожаю озимої пшениці залишається нез'ясованою.

Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що дефіцит основних елементів міне-

рального живлення інгібував ріст головного стебла озимої пшениці [9]. При цьому гальмувався ріст у довжину усіх міжвузлів соломини, але найзначніше двох верхніх [9, 10]. Ці міжвузля виконують опорні та транспортні функції, забезпечують колос водою і фотоасимілятами, а на завершальних етапах дозрівання насіння слугують резервом вуглеводів для зернівок, зокрема у фазах його молочної та молочно-воскової стиглості [8, 9]. Розміри верхніх міжвузлів є визначальними для об'єму асимілятів, які здатне запасати стебло, і мають особливо важливе значення в умовах посухи та передчасного відмирання листового апарату. Нами показано, що недостатнє забезпечення головного пагона озимої пшениці мінеральним живленням спричиняло також зменшення діаметра соломини, кількості шарів клітин ксилеми і флоєми [10]. Наслідком цих структурних змін стало зниження продуктивності колоса головного стебла за рахунок меншої кількості розвинених зернівок.

Метою роботи стало вивчення продуктивності пагонів різного порядку та їх відносного внеску у врожайність рослин озимої пшениці за різного забезпечення мінеральним живленням.

Матеріали і методи

Рослини озимої м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) сортів Миронівська 808 і Фаворитка вирощували в умовах вегетаційного дослідження на суміші дерново-підзолистого ґрунту з піском у співвідношенні 4:1 у посудинах місткістю 7,5 кг. У контрольному варіанті вміст основних елементів мінерального живлення складав N₉₀ P₉₀ K₉₀ за діючою речовиною, у дослідному N₃₂ P₃₂ K₃₂. Добрива вносили у період набивки ґрунту перед посівом та як підживлення наприкінці фаз кушіння та цвітіння. Для удобрення використовували виготовлене промисловим способом добриво нітроамофоска зі збалансованим вмістом елементів мінерального живлення. Вологість ґрунту підтримували на оптимальному для пшениці рівні 70% ПВ. Повторність дослідження 5-кратна. У кожній посудині вирощували 15 рослин. Дозрілі рослини видаляли з посудин, висушували до повітряно-сухого стану, після чого проводили аналіз

структури врожаю, який включав такі параметри, як кількість пагонів різного порядку, довжина колоса, кількість колосків і зерен у колосі, маса 1000 зерен різних фракцій. Визначали також відносний вміст колосків з різною кількістю зерен серед усіх рослин варіанту у відсотках. Результати досліджень статистично оброблені з використанням програми Microsoft Excel.

Результати та обговорення

Показано, що у сортів озимої пшениці Миронівська 808 і Фаворитка відзначено домінування головного пагона над бічними, яке проявилось у вигляді більших розмірів колоса, кількості колосків і зерен у ньому порівняно з пагонами першого і другого порядків (табл. 1). В умовах оптимального забезпечення живленням рослин пшениці обох сортів бічні пагони закладали і формували меншу кількість зерен у колосі порівняно з головним пагоном. Очевидно, редукція плодоеlementів колоса відбувалася ще у період його розвитку. Нами раніше було встановлено, що для пшениці сорту Миронівська 808, на відміну від сорту Фаворитка, редукція нижніх колосків у колосі характерна навіть для оптимальних умов вирощування [2]. Недостатнє забезпечення рослин пшениці мінеральним живленням спричиняло зменшення довжини колоса головного пагона і бічних пагонів. Редукція колосків у колосі збільшувалась із зростанням порядку пагона і була більш значною у пшениці сорту Миронівська 808 порівняно з сортом Фаворитка. Кількість зерен у колосах бічних пагонів за дефіциту живлення зменшувалася значніше, ніж у головному, що обумовлювалось, у першу чергу, редукцією нижніх і верхніх колосків колоса або квіток у них, недорозвиненістю центральних зернівок колоска.

Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що запліднена зернівка пшениці за несприятливих умов може припиняти свій розвиток на початкових стадіях [10]. При цьому закладалася лише незначна кількість клітин ендосперму, а зародок був повністю відсутнім. Центральні зернівки колосків навіть у оптимальних умовах зазвичай мали вдвічі менші розміри порівняно з крайніми. Однак вони мали повністю розвинені зародок і ендосперм, були життєздатними. Високопродуктивний сорт озимої пшениці Фаворитка у центральній частині колоса утворював до п'яти зернівок у колоску, у той час як сорт Миронівська 808 – не більше трьох. За дефіциту основних елементів мінерального живлення у більш продуктивного сорту Фаворитка кількість зерен у колосі знижувалася менше порівняно з сортом Миронівська 808. Висока врожайність пшениці сорту Фаворитка обумовлювалася більшою кількістю колосів, що містили до 50 зерен у головному пагоні (табл. 2). У пшениці цього сорту знайдено до 20% колосів, які мали понад 50 зерен в оптимальних умовах вирощування, у той час як у сорту Миронівська 808 таких колосів не було зовсім. Максимальна кількість зерен у колосі пшениці сорту Миронівська 808 не досягала 50 шт. за найкращого забезпечення живленням. Кількість зерен у бічних пагонах обох сортів пшениці зменшувалася порівняно з головним. Найменше зерен містили колоси пагонів другого порядку.

Дефіцит живлення зменшував кількість зерен у пагонах усіх порядків, однак найбільше у пагонах другого порядку сорту Фаворитка. Ймовірно, стратегія цього сорту полягала у переважному забезпеченні ресурсами головного пагона, що і спричиняло різке падіння продуктивності інших пагонів. За недостатнього живлення бічні пагони першого порядку сорту Фаворитка збіль-

Таблиця 1

Продуктивність колоса озимої пшениці за різного забезпечення мінеральним живленням

Сорт, варіант	Довжина колоса, мм			Кількість колосків у колосі, шт.			Кількість зерен у колосі, шт.		
	головного	1-го пор.	2-го пор.	головному	1-го пор.	2-го пор.	головному	1-го пор.	2-го пор.
Миронівська 808, опт. живл.	81±2	80±2	78±3	17±2	16±2	14±2	37±2	30±2	25±2
Миронівська 808, деф. живл.	79±2±2	76±2	69±3	16±1	14±2	13±2	34±2	22±4	18±3
Фаворитка, опт. живл.	100±4	83±3	79±3	18±2	16±2	15±2	42±2	32±4	29±3
Фаворитка, деф. живл.	87±3	80±3	72±4	16±2	15±2	14±2	40±2	27±2	19±2

Таблиця 2

Кількість колосів з різним числом зерен (у %)

Сорт, варіант	Головний пагін, зерен, шт.			Пагін 1-го порядку, зерен, шт.				Пагін 2-го порядку, зерен, шт.		
	50–40	40–30	30–20	50–40	40–30	30–20	до 20	40–30	30–20	до 20
Миронівська 808, опт. живл.	27,3	56,1	16,7	5,1	48,7	41,0	5,1	14,2	57,1	28,7
Миронівська 808, деф. живл.	15,9	58,7	22,2	–	19,0	47,6	33,3	14,3	28,6	57,1
Фаворитка, опт. живл.	46,0	47,6	1,5	25,0	35,0	27,5	10,0	50,0	50,0	–
Фаворитка, деф. живл.	40,0	23,1	10,8	3,4	44,8	31,0	20,7	–	60,0	40,0

шували кількість колосів, які мали до 40 зерен, другого порядку – до 30 зерен. У сорту Миронівська 808 недостатнє забезпечення мінеральним живленням спричиняло зменшення кількості зерен у пагонах усіх порядків, бічні пагони першого порядку цього сорту мали до 30 зерен, другого – до 20 зерен. Найзначніше у цього сорту зменшувалася кількість колосів, які містили понад 40 зерен. Характерним для обох сортів було значне збільшення колосів, які містили 20 і менше зерен серед пагонів різних порядків, але найзначніше – бічних пагонів. Отже, недостатнє забезпечення рослин пшениці мінеральним живленням спричиняло перерозподіл ресурсів на користь головного пагона, що призводило до зниження озерненості бічних пагонів. При цьому сорт Фаворитка, що містить житні транслокації, виявився більш пластичним порівняно з сортом Миронівська 808 і забезпечував вищу зернову продуктивність за недостатнього забезпечення мінеральним живленням.

Аналіз структури врожаю дозволив встановити, що за дефіциту мінерального живлення кількість розвинених бічних пагонів зменшувалася в обох досліджених сортів пшениці,

але значніше у сорту Фаворитка (табл. 3). Однак зменшення маси колоса і зерен у сорту Фаворитка було не таким значним, як у сорту Миронівська 808. Очевидно, редукція пагонів на початку їх розвитку за дефіциту ресурсів забезпечувала сорту Фаворитка підвищення продуктивності тих, що утворили колос і заклали зернівки.

В умовах наших дослідів адаптивна стратегія рослин пшениці сортів Миронівська 808 і Фаворитка відрізнялася. Недостатнє забезпечення мінеральним живленням сорту Фаворитка посилювало апікальне домінування головного пагона, спрямовувало ресурси на максимальне забезпечення ними 2–3 пагонів, а у сорту Миронівська 808 могло розвинути більше пагонів, що містили незначну кількість зерен. Найбільше пагонів другого порядку цього сорту мали до 20 зернівок, нерідко взагалі менше 10. За важливим агрономічним критерієм кількості зерен на одиницю площі посіву сорт Фаворитка був кращим за різного забезпечення мінеральним живленням.

За оптимального живлення сорт Фаворитка формував більше крупних і середніх зерен порівняно з сортом Миронівська 808. Дефіцит живлення практично не впливав на масу дрібних зе-

Таблиця 3

Структура врожаю пшениці за різного забезпечення мінеральним живленням

Сорт, варіант	Параметри рослин					Маса 1000 зерен, г, круп.	Маса 1000 зерен, г, серед.	Маса 1000 зерен, г, дрібні	Маса зерен на рослину, г
	кільк. гол. паг.	кільк. бічн. паг. 1	кільк. бічн. паг. 2	маса. гол. кол., г	маса бічн. кол., г				
Миронівська 808, опт. живл.	15	10±2	4±2	1,84±0,12	1,06±0,15	46,8±0,5	38,6±0,5	19,7±0,6	2,12±0,12
Миронівська 808, деф. живл.	15	8±2	4±3	1,63±0,21	0,65±0,35	44,4±0,6	37,5±0,6	20,8±0,5	1,73±0,21
Фаворитка, опт. живл.	15	12±3	6±3	2,72±0,25	1,41±0,23	50,8±0,8	39,4±0,3	18,2±0,3	2,41±0,13
Фаворитка, деф. живл.	15	8±3	2±2	1,95±0,31	0,67±0,25	44,7±0,6	32,6±0,5	19,7±0,5	1,98±0,12

рен; маса крупних і середніх зерен в обох сортивах зменшувалась, але залишалася достатньо високою. Маса зерен на рослину у сорту Фаворитка виявилася більшою порівняно з сортом Миронівська 808 за оптимального і недостатнього забезпечення рослин мінеральним живленням.

Таким чином, адаптивні стратегії сортів Фаворитка і Миронівська 808 до умов мінерального живлення відрізнялись у тому, що сорт Фаворитка забезпечував більшу озерненість пагонів різного порядку порівняно з сортом Миронівська 808, що підвищувало врожайність першого за несприятливих умов середовища.

Висновки

Високопродуктивний сорт озимої пшениці Фаворитка міг більш ефективно використовувати елементи мінерального живлення і формувати вищу зернову продуктивність рослини порівня-

но з сортом Миронівська 808 за різних умов мінерального живлення. Перевага сорту Фаворитка в умовах дефіциту мінерального живлення полягала у здатності закладати і розвивати до повної стиглості більшу кількість зерен на рослину, продуктивний пагін, що обумовлювалося його адаптивною стратегією, яка реалізувалася протягом усього періоду онтогенезу. Продуктивність пагонів першого і другого порядків за недостатнього забезпечення рослин пшениці сортів Миронівська 808 і Фаворитка мінеральним живленням зменшувалася значніше порівняно з головним пагоном. Редукція колосків у колосі сорту Фаворитка була нижчою порівняно з сортом Миронівська 808, що привело до закладання і розвитку більшої кількості зерен. Наявність житніх транслокацій у пшениці сорту Фаворитка стала основою його вищої врожайності порівняно з сортом Миронівська 808.

ЛІТЕРАТУРА

1. Edgerton M.D. Increasing crop productivity to meet global needs for feed, food and fuel // *Plant Physiol.* – 2009. – 149. – P. 7–13.
2. Sarvari M., Boros B. The impact of climate on crop production // *Агроекологічний журнал.* – 2010. – № 2. – С. 53–58.
3. Huang M.-L., Deng X.P., Zhao Y.-Z., Zhou S.-L., Inanaga Sh., Yamada S., Tanaka K. Water and nutrient use efficiency in diploid, tetraploid and hexaploid wheat // *J. Integr. Plant Biol.* – 2007. – 49, № 5. – P. 706–715.
4. Sharma-Natu P., Sumersh K.V., Lohot V.D., Ghildiyae M.C. High temperature effect on grain growth in wheat cultivars: an evaluation of responses // *Indian J. Plant Physiol.* – 2006. – 11, № 3. – P. 239–245.
5. Whitford R., Fleury D., Reif J.C., Garcia M., Okada T., Korzun V., Langridge P. Hybrid breeding in wheat: technologies to improve hybrid wheat seed production // *J. Exp. Bot.* – 2013. – 64. – № 18. – P. 5411–5428.
6. Шульгин И.А., Щербина И.П., Айдосова С.С., Панкрухина Т.В. О функциональности побегов пшеницы // *Физиология растений.* – 1988. – 35, № 4. – С. 669–677.
7. Hucl P., Baker R.J. Tiller phenology and yield of spring wheat in semiarid environment // *Crop Sci.* – 1989. – 29. – P. 631–635.
8. Жук О.І. Ріст міжвузлів пшениці за різних умов мінерального живлення // *Modern Phytomorphology.* – 2013. – 4. – P. 377–381.
9. Жук О.І. Ростові процеси у стеблі озимої пшениці за різного забезпечення мінеральним живленням // *Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. праць / За ред. В.А. Кунаха [та ін.].* – К., 2015. – 16. – С. 110–113.
10. Zhuk O.I. The stem structure of *Triticum aestivum* L. under different mineral nutrition // *Modern Phytomorphology.* – 2014. – 6. – P. 109–133.

ZHUK O.I.

*Institute of Plant Physiology and Genetics NAS Ukraine,
Ukraine, 03022, Kiev, Vasylykivska str., 31/17, e-mail: zhuk_bas@voliacable.com*

THE PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT STEMS UNDER DIFFERENT MINERAL NUTRITION

Aim. The aim of this work was to study the influence of mineral nutrition on winter wheat stems productivity. **Methods.** Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars 'Mironivska 808' and 'Favoritka' were grown on mixture of soil and sand in pots with capacity of 7.5 kg. Optimal plant mineral nutrition was $N_{90}P_{90}K_{90}$, deficit supply was $N_{32}P_{32}K_{32}$. After maturing the ears length, quantity of grains in ear, and mass of 1000 grains were measured. Results were statistically analyzed with Microsoft Excel. **Results.** The length of winter wheat ears and grains quantity in ear of main and lateral stems was studied under optimal and deficit support of mineral nutrition. The higher quantity of grains was detected in main stems than in lateral ones under the optimal and deficit nutrition. The tillers have less grains than main stems under different mineral nutrition. The wheat cv. 'Favoritka' under deficit mineral nutrition was more productive than cv. 'Mironivska 808'. **Conclusions.** It is shown that decreasing supply of nitrogen, phosphorus and potassium inhibited plants productivity of winter wheat cultivars 'Mironivska 808' and 'Favoritka' during pot experiment.

Keywords: *Triticum aestivum*, winter wheat, ear, grain, stem, mineral nutrition.