

РОСТОВІ ПРОЦЕСИ У СТЕБЛІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА РІЗНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІНЕРАЛЬНИМ ЖИВЛЕННЯМ

Формування продуктивності озимої пшениці відбувається протягом всього періоду онтогенезу, а інтенсивність ростових процесів у стеблах відіграє визначну роль у надходженні до репродуктивних органів асимілятів, води, розвитку фотосинтетичного апарату. Забезпеченість рослин азотом, фосфором і калієм та ефективність їх використання кореневою системою культурних високопродуктивних сортів злаків належить до важливих проблем підвищення їх врожайності та якості зерна [1]. Дефіцит макроелементів лімітує реалізацію потенціалу сортів інтенсивного типу в несприятливих умовах навколишнього середовища. Формування адаптивної відповіді на стрес відбувається протягом онтогенезу рослини і реалізується у вигляді відповідного фенотипу [2]. В умовах вегетативного стресу ефективність реалізації потенційної продуктивності рослин забезпечує максимальну врожайність сільськогосподарських рослин. Сучасні технології створення нових сортів пшениці включають залучення елементів геному інших видів злаків, зокрема житніх транслокацій, що дозволяє підвищити продуктивність рослин за рахунок посилення їх стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища, зокрема забезпечення мінеральним живленням [3, 4]. Стебло пшениці належить до найважливіших органів, які постачають до колоса необхідні ресурси від кореневої системи і листового апарату. Вважають, що стебло також слугує резервом вуглеводів для колоса в період від цвітіння до наливу зерна, особливо в умовах природної посухи, прискореного старіння прапорцевого і підпрапорцевого листків і обумовлює кінцевий врожай пшениці [5–8]. Найбільше накопичення цукрів відзначено у двох верхніх міжвузлях і залежить як від швидкості транспорту цукрів від листків, так і розмірів верхніх міжвузлів. Нами раніше було досліджено вплив забезпечення рослин пшениці елементами мінерального живлення на будову стебла озимої пшениці і розвиток зернівки за різного забезпечення азотом, фосфором і калієм [9]. Встановлено, що за недостатнього забезпечення живленням

послаблювався розвиток стеблової паренхіми, судин ксилеми і флоєми, зменшувався діаметр стебла, особливо на рівні четвертого і п'ятого міжвузлів. Однак закладання і структура елементів колоса, розміри зернівок значною мірою обумовлюються розмірами верхніх міжвузлів стебла, які безпосередньо взаємодіють з колосом і прапорцевим листком. Метою нашої роботи було дослідження динаміки росту міжвузлів озимої пшениці за оптимального і недостатнього забезпечення рослин озимої пшениці мінеральним живленням та зв'язку з елементами структури врожаю.

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 $N_{90}P_{90}K_{90}$ за діючою речовиною, у дослідному — $N_{32}P_{32}K_{32}$. Добрива вносили у період набивки ґрунту перед посівом та як підживлення наприкінці фаз кушіння та цвітіння. Для удобрення використовували нітроамофоску. Вологість ґрунту підтримували на оптимальному для пшениці рівні 70% ПВ. Протягом періоду від початку виходу рослин у трубку до молочної стиглості зерна відбирали по 10 типових за розмірами та розвитком рослин, у яких виділяли головне стебло. Після видалення листків проводили виміри довжини міжвузлів, висоти головного стебла у міліметрах з наступним знаходженням середнього для кожного відбору значення. Дозрілі рослини видаляли з посудин, висушували до повітряно-сухого стану і потім проводили аналіз структури врожаю, який включав такі параметри, як висота головного стебла, довжина колоса, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен. Результати досліджень були статистично оброблені з використанням програми Microsoft Excel. На графіках та в таблиці наведено величину дисперсії.

Результати та обговорення

Дослідження динаміки росту головного стебла рослин озимої пшениці за різного забезпечення макроелементами дозволило встановити, що в умовах їх дефіциту значне інгібування приросту пагонів відбувається уже після початку виходу в трубку і було більшим у високорослого сорту Миронівська 808 порівняно з відносно низькорослим сортом Фаворитка (рис. 1).

Найбільш значна затримка росту головного стебла в обох досліджених сортів пшениці відзначена у фазі колосіння, яка в подальшому зберігалася до завершення ростових процесів. При цьому загальна висота стебла у пшениці сорту Миронівська 808 зменшилася майже вдвічі, а у сорту Фаворитка — на 40%.

Аналіз динаміки росту міжвузлів головного стебла пшениці від початку виходу в трубку виявив, що забезпеченість мінеральним живленням найзначніше впливала на ріст четвертого і п'ятого міжвузлів (рис. 2, 3). Інгібування росту міжвузлів відзначали вже на початкових етапах їх формування, що вказувало на дефіцит необхідних ресурсів для проліферативних процесів, наслідком чого стало зменшення кількості новоутворених клітин. Кінцеві розміри четвертого міжвузля у пшениці сорту Миронівська 808 зменшилися на 70 мм. Відставання у рості четвертого міжвузля у пшениці сорту Фаворитка було менш значним, а в період після початку цвітіння навіть зменшувалося. Кінцеві розміри четвертого міжвузля рослин контрольного і дослідного варіантів у сорту Фаворитка відрізнялися менше порівняно з сортом Миронівська 808. Інтенсивність росту п'ятого міжвузля, яке утримує колос, значно інгібувалась у сорту Миронівська 808 за дефіциту живлення протягом всього періоду його формування і саме за рахунок цього відбувалося значне зменшення висоти рослин. У сорту Фаворитка дефіцит мінерального живлення спричиняв менш значне інгібування ростових процесів. Ріст п'ятого міжвузля у сорту Фаворитка в контрольному і дослідному варіантах припинявся значно раніше, ніж у сорту Миронівська 808 і збігався з завершенням цвітіння і початком формування зернівок. У сорту Миронівська 808 ріст п'ятого міжвузля тривав до початку дозрівання зернівок. Регуляція ростових процесів у міжвузлі, яке тримає колос, очевидно, обумовлена не лише забезпеченням необхідними ресурсами, а і генетичною програмою, яка керує потоками асимілятів

і енергії. У сортів інтенсивного типу відносно раннє припинення ростових процесів у стеблі визначає спрямування ресурсів до колоса, посилення атрагуючої ролі зернівки для збільшення її розмірів і маси.

Аналіз структури врожаю дозволив встановити, що найбільш значний внесок у формування висоти рослин пшениці належав четвертому та п'ятому міжвузлям, однак за дефіциту головних елементів мінерального живлення суттєвого інгібування ростові процеси у стеблі зазнавали

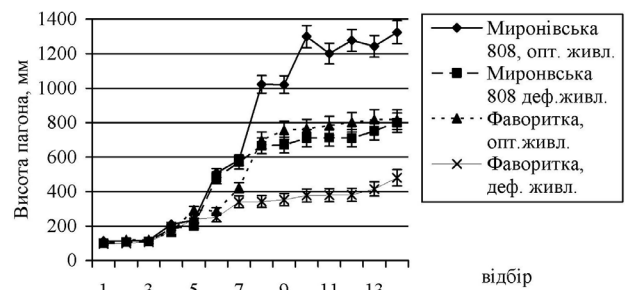


Рис. 1. Динаміка росту головного стебла озимої пшениці сортів Миронівська 808 і Фаворитка за різного забезпечення головними елементами мінерального живлення

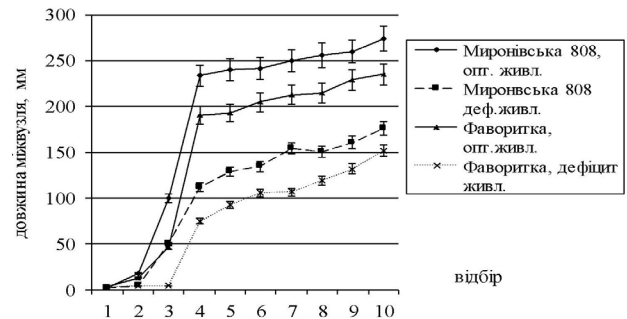


Рис. 2. Динаміка росту четвертого міжвузля озимої пшениці сортів Миронівська 808 і Фаворитка за різного забезпечення головними елементами мінерального живлення

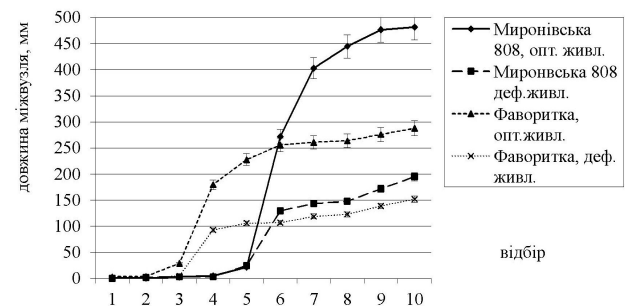


Рис. 3. Динаміка росту п'ятого міжвузля озимої пшениці сортів Миронівська 808 і Фаворитка за різного забезпечення головними елементами мінерального живлення

Структура врожаю пшениці за різного забезпечення мінеральним живленням

Варіант	Довжина міжвузлів, мм					Висота рослин, мм	Кількість зерен у колосі, шт.	Довжина колоса, мм	Маса 1000 зерен, г
	1	2	3	4	5				
Миронівська 808, оптим. живлення	79±5	166±6	199±7	289±8	471±9	1267±9	30±2	79±1	53,4±0,9
Миронівська 808, дефіцит живлення	61±5	121±5	126±5	155±5	195±8	738±8	25±3	78±2	43,5±1,1
Фаворитка, оптим. живлення	60±5	117±5	199±8	272±6	307±9	760±9	51±3	96±3	59,4±1,2
Фаворитка, дефіцит живлення	36±5	74±5	86±6	108±7	178±8	559±11	31±5	80±3	43,7±1,3

ще на початку його формування (табл.). Значного зменшення набула також довжина колоса, що свідчить про зменшення періоду функціонування всіх інтеркалярних стеблових меристем. Враховуючи, що клітини інтеркалярних меристем, на відміну від апікальних, детерміновані у напрямку розвитку і часі існування, можна вважати, що дефіцит ресурсів був вагомим регулятором макроморфогенезу на етапі трансформації вегетативної апікальної меристеми у генеративну. На жаль, до цього часу функціонування меристем пагона культурних злаків залишається майже не дослідженим.

Дефіцит мінерального живлення спричиняв не лише зменшення розмірів колоса, а й кількості зерен у ньому та маси 1000 зерен. При цьому кількість зерен у колосі значніше зменшувалась у сорту Фаворитка порівняно з сортом Миронівська 808, що свідчить про редукцію плодоеlementів, квіток, недостатнє запилення і запліднення. Зменшення колоса у пшениці сорту Фаворитка супроводжувалося недорозвиненістю нижніх колосків, частковою або повною відсутністю у них квіток. Раніше було встановлено, що за недостатнього забезпечення мінеральним живленням розвиток зернівки озимої пшениці нерідко зупиняється на ранніх етапах і завершується утворенням незначного розміру ендосперму, нерідко без зародка [10]. В таких умовах значно зростала кількість дрібних та шуплих насінин, особливо у центральній частині колоса. Отже, дефіцит азоту фосфору і калію у ґрунті спричиняв інгібу-

вання росту, яке посилювалось у період формування верхніх міжвузлів стебла і репродуктивних органів. Зменшення розмірів елементів стебла очевидно обумовлено пригніченням проліферативних процесів в умовах дефіциту необхідних ресурсів для новоутворення клітин.

Висновки

Інгібування росту головного стебла озимої пшениці сортів Миронівська 808 і Фаворитка за недостатнього забезпечення головними елементами мінерального живлення відзначали від початку фази колосіння до фази молочної стиглості зерна. Найбільш значним воно було у високорослого сорту пшениці Миронівська 808, кінцеві розміри стебла у якого зменшувалися на 50% порівняно з відповідними значеннями у контрольному варіанті. Ріст четвертого міжвузля продовжувався до фази молочної стиглості зерна, однак після фази цвітіння в обох сортів його інтенсивність значно падала. Зупинка росту п'ятого міжвузля у пшениці сорту Фаворитка відбувалась у фазі цвітіння, а у пшениці сорту Миронівська 808 — молочної стиглості зерна. Дефіцит елементів мінерального живлення зменшував продуктивність рослин озимої пшениці за рахунок менших розмірів колоса, зниження кількості і маси зернівок у колосі, що могло бути обумовлено у тому числі і недостатнім запасанням фотоасимілятів у верхніх міжвузлях стебла для забезпечення наливу зернівок, формування запасів ендосперму у період старіння листків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Makino A. Photosynthesis, grain yield and nitrogen utilization in rice and wheat // *Plant Physiol.*— 2011.— 155.— P. 125–129.
2. Lichtenthaler H. K. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants // *J. Plant Physiol.*— 1996.— 148.— P. 4–14.

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, N 5. — P. 706–715.
4. Whitford R., Fleury D., Reif J., Garcia M., Okada T., Korzun V., Langridge P. Hybrid breeding in wheat: technologies to improve hybrid wheat seed production // *J. Exper. Botany.* — 2013. — 64. — P. 5411–5428.
5. Blum A. Improving wheat grain filling under stress by stem mobilization // *Euphytica.* — 1998. — 100. — P. 77–83.
6. Blum A., Sinmena B., Mayer J., Golan G., Shipiler L. Stem reserve mobilization supports wheat grain filling under heat stress // *Aust. J. Plant Physiol.* — 1994. — 21. — P. 771–781.
7. Ehdaie B., Whitkus R. W., Waines J. G. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat // *Field Crops Res.* — 2008. — 106. — P. 34–43.
8. Bancal P. Early development and enlargement of wheat floret primordial suggest a role of partitioning within spike to grain set // *Field Crops Res.* — 2009. — 110. — P. 44–53.
9. Zhuk O. The stem structure of *Triticum aestivum* L. under different mineral nutrition // *Modern Phytomorphology.* — 2014. — 6. — P. 109–113.
10. Жук О.И. Ростовые процессы в зерновках пшеницы при различной обеспеченности растений минеральным питанием // Сборник статей Всероссийской научной конференции «Актуальность идей В. Н. Хитровой в исследовании биоразнообразия России», 18–20 сентября 2014 г. — Орел, 2014. — С. 183–186.

ZHUK O.I.

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

THE GROWTH PROCESSES IN WINTER WHEAT STEM UNDER DIFFERENT MINERAL NUTRITION

Aims. The aim of this work was to study the influence of mineral nutrition on stem tissue growth and winter wheat plants 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 $N_{32}P_{32}K_{32}$. During vegetation period the length of stem and fourth and fifth internodes of winter wheat plants were measured. After maturing the internodes and ears length, quantity of grains in ear, and mass of 1000 grains were measured. Results were statistically analyzed with Microsoft Excel. **Results.** The growth of winter wheat internodes and stem was studied under optimal and deficit support of mineral nutrition main elements — nitrogen, phosphorus and potassium. The most intensive growth of wheat was detected in booting phase but under the optimal nutrition it was continued to milky ripeness phase. Under mineral nutrition deficit internodes growth stopped in earing-flowering phase. The smallest internodes were formed in in wheat cv. 'Favoritka'. **Conclusions.** It was shown that decreased supply of winter wheat plants of cultivars 'Mironivska 808' and 'Favoritka' by nitrogen, phosphorus and potassium during pot experiment inhibited growth stem, internodes and productivity of plants.

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