

## АНОТАЦІЯ

*Звонар А. М.* Вплив сортових особливостей, погодних та ґрунтово-кліматичних умов на засвоєння елементів живлення пшеницею озимою. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 Аграрні науки та продовольство) - Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, 2021.

Актуальність теми досліджень пов'язана із необхідністю підвищення ефективності використання мінеральних добрив у сучасному агровиробництві, зокрема, при вирощуванні пшениці озимої як головної зернової культури в Україні, посівні площі якої протягом останніх років складають 6,4-6,6 млн га. Підвищення врожайності цієї культури є важливим завданням і спрямоване на забезпечення виконання Цілей сталого розвитку, зокрема, цілі 2 «Подолання голоду, досягнення продовольчої безпеки, поліпшення харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства», проголошених резолюцією Генеральної Асамблеї ООН (від 25.09.2015 р. № 70/1) та затверджених Указом Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (від 30.09.2019 р. № 722/2019).

При прийнятті рішень щодо застосування добрив «Міжнародним кодексом поведінки в області сталого використання добрив та управління ними», схваленим на 41-й сесії Конференції FAO (червень 2019 р.) передбачено необхідність врахування унікальних потреб у елементах живлення запланованих до посіву культур та сортів, включаючи визначення строків виникнення таких потреб відповідно до фаз розвитку рослин (п.3.3).

Дисертація містить узагальнені та обґрунтовані результати проведених польових та лабораторних досліджень щодо виявлення специфіки вимог сучасних сортів вітчизняної та іноземної селекції до елементів живлення відповідно до генетичного потенціалу рослин та нових кліматичних реалій.

Дисертаційну роботу виконано у відділі агрохімії впродовж 2016-2020 рр. відповідно до планів науково-дослідних робіт Національного наукового центру

«Інституту ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» у рамках ПНД НААН 01 «Ґрунтові ресурси: прогноз розвитку, збалансоване використання та управління» на 2016-2020 рр. за завданням 01.03.01.03.Ф. «Розробити нові комплексні способи діагностування та коригування мінерального живлення рослин з урахуванням оптимального співвідношення елементів в процесі онтогенезу та сортових особливостей сільськогосподарських культур» (№ Д.Р. 0116U000598), сумісного науково-дослідного проекту з дослідницькою компанією SoilCares Research B. V. (м. Вагенінген, Нідерланди) «Оцінка родючості ґрунту та живлення пшениці озимої на основі методів мокрої хімії та сенсорної лабораторії SoilCare для розробки супутникової діагностики» (2016 р.), досліджень за договорами з ТОВ "НВФ "Урожай" №25/16 «Хімічна діагностика потреб озимої пшениці різних сортів у елементах живлення за основними фазами вегетації та визначення господарського виносу NPK з ґрунту» (2016 р.) та №65/17 "Хімічна діагностика потреб озимої пшениці та сої різних сортів у елементах живлення за основними фазами вегетації та визначення господарського виносу NPK з ґрунту" (2017 рр.), досліджень за грантом Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених «Конвергенція методів визначення якості ґрунту в контексті євроінтеграції України» (Ф75/191-2018 від 08.10.18, № Д.Р. 0118U006466).

Для вирішення поставлених завдань застосовували загальнонаукові та спеціальні методи: експедиційних досліджень, польового дослідження; лабораторно-аналітичний (аналіз ґрунту та рослин, визначення якості зерна); аналітично-бібліографічний; розрахунково-порівняльний; математичної статистики (дисперсійний, кореляційний, регресійний методи та графічне відображення експериментальних даних у дослідженнях).

На підставі експедиційних досліджень у Західному Поліссі (Волинська область), Правобережному (Черкаська область) і Лівобережному Лісостепі (Харківська область) встановлено, що надходження елементів живлення до генеративних та вегетативних органів пшениці озимої, вирощеної за різних ґрунтово-кліматичних умов, має відмінності, а саме: співвідношення N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O у зерні для Західного Полісся складає 1:0,29:0,22, для Правобережного Лісостепу

1:0,30:0,20, а для Лівобережного Лісостепу – 1:0,32:0,23, тобто на одиницю фосфору припадає більше азоту, ніж було раніше встановлено, особливо за більш вологого клімату. Залежно від сортового фактору це співвідношення варіює у межах

1:0,25-0,37:0,17-0,28. Характерною рисою зерна, вирощеного в Західному Поліссі України, є менший вміст фосфору, у Правобережному Лісостепі - збагачення азотом, у Лівобережному Лісостепі - більш високий вміст калію. Зернова продукція, отримана на кислих ґрунтах Західного Полісся і Правобережного Лісостепу, збіднена цинком, але містить багато заліза, а у Лівобережному Лісостепу - навпаки. Разом з цим, виявлено значне варіювання вмісту NPK та мікроелементів у зерні та соломі пшениці певного сорту, вирощеного у одній ґрунтово-кліматичній підзоні, але за різних систем удобрення. Хімічний склад зерна виявився більш стабільним, аніж соломи, а вміст NPK у зерні – більш стабільним, аніж мікроелементів. Найбільша варіабельність притаманна параметрам вмісту азоту (коефіцієнт варіації 17 %).

Основні дослідження, були зосереджені на двох об'єктах сортовипробування в умовах Правобережного і Лівобережного Лісостепу. Зокрема, у 2016-2017 рр. дослідження проводили на демонстраційно-дослідному полі ТОВ НВФ (Науково-виробничої фірми) «Урожай» (Корсунь-Шевченківський район Черкаської області), де ґрунтовий покрив представлений темно-сірим опідзоленим ґрунтом на лесі. Було обстежено 24 сорти пшениці озимої та сформовано вибірку найбільш контрастних із них, а саме: німецької селекції – Етана, Патрас, Матрікс, Комбін (Deutsche Saatveredelung AG); Скаген, Торілд (SAATEN UNION), австрійської селекції – Панонікус, Тацітус, Фіденіус (Saatzucht Donau); чеської селекції – Бодічек, Бордотка (RAGT Semences).

У 2018-2020 рр. дослідження проводили на дослідному полі Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН (Харківський район, Харківської області, селище «Елітне») на чорноземі типовому середньо-гумусному на лесовидному суглинку. Розміщення сортових ділянок пшениці озимої було рендомізоване, розміром 1,25×2,4 м кожна. Для дослідження було обрано 4 сорти-національні

стандарти пшениці озимої (Розкішна (оригіатор – Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва), Бунчук (Селекційно-генетичний інститут), Смуглянка та Подолянка (Інститут фізіології рослин та генетики)), а також 8 сортів закордонної селекції (Балітус, (Saatzucht Donau, Австрія), Арктіс, Матрикс (Deutsche Saatveredelung AG, Німеччина), Анніца, Мандіца (Zagreb Vc Institute, Хорватія), Бодічек і Дарія (RAGT Semences, Чехія)).

Спостереження за динамікою споживання елементів живлення після відновлення весняної вегетації на вищевказаних об'єктах показали, що масова частка NPK у тканинах поступово зменшується від фази кущення до цвітіння, але для азоту та калію більш швидко, ніж для фосфору. Співвідношення N/P у надземній частині пшениці стрімко змінюється у цей період, зменшуючись у середньому на 10 % за тиждень.

Найбільші відмінності між сортами у споживанні елементів живлення спостерігалися у фазу виходу в трубку, коли відбувається найбільш інтенсивне нарощування вегетативної маси, та цвітіння. У дослідженнях на демонстраційно-дослідному полі НВФ «Урожай» виявлено, що після відновлення весняної вегетації пшениця споживала фосфору більше за оптимальних умов вологозабезпечення 2016 р., причому відмінності вмісту фосфору у надземній масі досліджуваних сортів сягали 0,1-0,15 %. Накопичення калію у 2016 р. та 2017 р. відбувалось майже однаково, окрім фази кущення (4,2 % та 4,9 % відповідно). Однак, у соломі в 2017 р. вміст калію виявився вдвічі меншим, аніж у 2016 р., що пов'язано з особливостями формування врожаю у ці роки. Через весняно-літню посуху та дощовий липень 2017 р. врожайність зерна усіх досліджуваних сортів була вдвічі нижчою, ніж у 2016 р., а співвідношення зерна до соломи збільшилося до 1:2,2-2,8 порівняно з 1:1,0-1,3 у 2016 р.

Результати досліджень, проведених на дослідному полі Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН в 2018-2020 рр. вказують, що незалежно від сорту, внаслідок ефекту ростового розбавлення, концентрація азоту у рослинах зменшується від 3,6-4,2 % у фазу кущення до 1,3-1,6 % у фазу цвітіння, фосфору – від 0,7-0,9 до 0,3-0,5 %, калію – від 3,9-4,6 до 1,5-2,8 % відповідно. Залежно від

метеорологічних умов року відношення  $P_2O_5:N$  у зерні та соломі може відрізнятись вдвічі, а  $K_2O:N$  у соломі – у 1,3 рази. Сортові відмінності засвоєння NPK були більш помітними за сприятливого зволоження у міжфазний період квітня-травня та за стресових умов під час досягання зерна. Вміст мікроелементів в рослинах у період від фази кущення до цвітіння знижується більш різко, аніж основних елементів живлення, а саме: міді – у 3-7, цинку – у 2-3, заліза – в 3-13, марганцю – у 1,5-2 рази. Концентрація кобальту у надземній частині рослин за цей період, навпаки, зростала (2018-2019 рр.), або суттєво не змінювалася (2020 р.).

Доведено, що особливості споживання будь-якого елемента (азоту, фосфору, калію, міді, марганцю, цинку тощо) є індивідуальними для кожного сорту, однак генетично обумовлена підвищена або знижена вимогливість окремих сортів до них може мати як сталий характер, так і проявлятися лише за певних гідротермічних умов. Через це для надійного визначення сортових особливостей живлення пшениці озимої необхідно не менше 2-річного періоду з контрастними погодними умовами.

Встановлено, що група сортів європейської селекції (Балітус, Панонікус, Арктіс, Матрикс, Анніца, Мандіца, Бодічек і Дарія) накопичували у надземній частині рослин, зерні та соломі більше калію, ніж група українських сортів (Розкішна, Бунчук, Смуглянка, Подолянка). Вміст азоту у надземній частині рослин від кущення до цвітіння також був переважно вищим у сортів європейської селекції.

Найбільше відмінностей у споживанні мікроелементів між сортами було в періоди зі стресовими погодними умовами. Група сортів української селекції інтенсивно накопичували цинк на стадії цвітіння, що позитивно впливало на його вміст у зерні та соломі. Навпаки, європейські сорти демонстрували більш високий рівень поглинання марганцю на стадіях трубкування та цвітіння, і, як результат, більший його вміст у зерні та соломі. Вищий ступінь накопичення заліза в тканинах озимої пшениці є характерним для зарубіжних сортів на стадії виходу в трубку, а для українських сортів – під час цвітіння. Однак, жоден сорт не мав найвищого вмісту всіх мікроелементів (заліза, марганцю, цинку, міді та кобальту) одночасно.

На підставі проведених досліджень пропонується під час сортовипробування визначати особливі потреби мінерального живлення нових сортів пшениці озимої

шляхом розрахунку зведених показників сортової специфічності за кожним з елементів живлення відносно до потреб сортів-національних стандартів. У зв'язку з більшою вимогливістю сортів європейської селекції, для сорту Матрікс доцільно збільшувати норми внесення азоту та фосфору на 15, калію – на 20, міді – на 25 %; для сорту Панонікус – марганцю – на 25, азоту і цинку – на 15, калію – на 10 %; для сорту Анніца – марганцю на 45, міді – на 20, фосфору – на 15 %; для сорту Арктіс – калію на 15, азоту і фосфору на 10%; для сорту Мандіца – марганцю на 20, калію на 10 %; для сорту Дарія – марганцю на 20 %; для сорту Бодічек – марганцю на 15 %.

Виявлено, що вміст та співвідношення елементів живлення у основній та нетоварній продукції пшениці озимої сучасних сортів відрізняється від тих, що були у виробництві раніше. За узагальнення даних, одержаних на 167 ділянках вирощування пшениці озимої впродовж 2016-2020 рр., які відрізнялися рівнем забезпечення елементами живлення та удобренням, типом ґрунтового покриву, середній винос елементів живлення з 1 т зерна складає: азоту – 21,6; фосфору – 6,5; калію – 4,6 кг, а з 1 т соломи – 4,9, 1,1 та 17,5 кг відповідно, що значно відрізняється від довідкових даних. Усереднені значення вмісту мікроелементів у кінцевій продукції пшениці озимої становили (мг/кг): для зерна – цинку 19; кобальту - 0,51; заліза - 37; марганцю – 30; міді - 2,1; для соломи – цинку - 1,8; кобальту - 0,52; заліза – 27; марганцю - 12; міді - 0,6 відповідно.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному: виявлено вплив різних ґрунтово-кліматичних умов на засвоєння елементів живлення пшеницею озимою; встановлено закономірності використання елементів живлення пшеницею озимою залежно від погодних умов та відмінності надходження основних елементів живлення до рослин пшениці озимої різних сортів у критичні фази вегетації; вперше визначено показники ефективності використання макро- та мікроелементів живлення різними сортами пшениці озимої вітчизняної та іноземної селекції; удосконалено нормативні параметри надходження та виносу основних елементів живлення з основною та нетоварною продукцією пшениці озимої сучасної селекції; вперше розроблено метод виявлення сортових особливостей споживання макро- та мікроелементів рослинами пшениці озимої.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні алгоритму дій та методичних підходів до врахування особливостей мінерального живлення нових сортів пшениці озимої під час складання системи удобрення цієї культури. Розроблено новий спосіб визначення особливих потреб пшениці озимої в елементах живлення, обумовлених сортовою специфікою, для коригування її системи удобрення (заявка на винахід).

Результати досліджень з визначення особливостей виносу елементів живлення з врожаєм пшениці озимої різних сортів та відповідні рекомендації щодо удосконалення системи удобрення цієї культури впроваджено у виробництво ТОВ «НВФ «Урожай» у Корсунь-Шевченківському районі Черкаської області.

Результати досліджень щодо порівняння мінерального живлення сортів вітчизняної та закордонної селекції передано в Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН для впровадження у селекційній роботі, а також застосовано при підготовці рекомендацій щодо проведення весняно-польових робіт Центром наукового забезпечення АПВ Харківської області.

Одержані дані щодо вмісту NPK у основній та нетоварній продукції пшениці озимої використано для удосконалення методики розрахунку балансу елементів живлення.

Основні положення дисертаційної роботи впроваджуються в навчальному процесі у Харківському національному аграрному університеті імені В. В. Докучаєва при підготовці здобувачів освітніх ступенів «Бакалавр» та «Магістр» при викладанні дисциплін за спеціальностями 201 Агрономія, 101 Екологія та 015 Професійна освіта.

**Ключові слова:** мінеральне живлення, пшениця озима, споживання макро- та мікроелементів, сорти, погодні умови, ґрунтово-кліматичні умови, удобрення

## SUMMARY

*Zvonar A.M.* Influence of varietal features, weather and soil-climatic conditions on the assimilation of nutrients by winter wheat. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the awarding degree of a Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty 201 Agronomy (20 Agricultural Sciences and Food) - National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky"(NSC ISSAR), Kharkiv, 2021.

The relevance of the research topic is related to the need to increase the efficiency of mineral fertilizers in modern agricultural production, in particular, in the cultivation of winter wheat as the main grain crop in Ukraine, sown areas of which in recent years are 6.4-6.6 million hectares. Increasing the yield of this crop is an important task and aims to ensure the implementation of the Sustainable Development Goals, in particular, Objective 2 "Overcoming hunger, achieving food security, improving nutrition and promoting sustainable agriculture", proclaimed by the UN General Assembly resolution of 25.09.2015. № 70/1) and approved by the Decree of the President of Ukraine "On the Sustainable Development Goals of Ukraine until 2030" (dated 30.09.2019 № 722/2019).

Decisions on the application of fertilizers "International Code of Conduct for Sustainable Fertilizer Use and Management", approved at the 41st session of the FAO Conference (June 2019), provides for the need to take into account the unique nutrient needs of crops and varieties planned for sowing, including the determination of the timing of such needs in accordance with the phases of plant development (par. 3.3).

The dissertation contains generalized and substantiated results of field and laboratory research on revealing of specificity of requirements of modern varieties of domestic and foreign selection concerning nutrients according to genetic potential of plants and new climatic realities.

The dissertation work was being performed in the Agrochemistry Department during 2016-2020 in accordance with the Plans of Research Activities of National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky" within the Plans of Research Activities of the National Academy of



Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS) 01 "Soil resources: forecast of development, sustainable use and management" for 2016-2020 years on the task 01.03.01.03.F. "Develop new comprehensive methods for diagnosing and adjusting the mineral nutrition of plants taking into account the optimal ratio of elements in the process of ontogenesis and varietal characteristics of crops" (№ D.R. 0116U000598), a joint research project with the research company SoilCares Research B.V. (Wageningen, The Netherlands) "Assessment of soil fertility and nutrition of winter wheat based on the methods of wet chemistry and SoilCare sensor laboratory for the development of satellite diagnostics" (2016), research under agreements with Ltd. "Harvest" №25/16 "Chemical diagnostics of needs of winter wheat of different varieties in nutrients by the main phases of vegetation and determination of NPK removal from the soil "(2016) and №65/17 "Chemical diagnostics of needs of winter wheat and soybean of different varieties in different nutrients by the main phases of vegetation and determination of NPK removal from the soil" (2017), research under the grant of the President of Ukraine to support research of young scientists "Convergence of methods determining the quality of soil in the context of European integration of Ukraine "(F75 / 191-2018 from 08.10.18, D.R. 0118U006466).

To solve the tasks of the dissertation, general scientific and special methods were used: expeditionary research, field experiment; laboratory-analytical (analysis of soil and plants, grain quality determination); analytical and bibliographic; settlement and comparative; mathematical statistics (variance, correlation, regression methods and graphical representation of experimental data in experiments).

Based on expeditionary research in Western Polissya (Volyn oblast), the Right-Bank (Cherkasy oblast) and the Left-Bank Forest-Steppe (Kharkiv oblast), it is determined that the supply of nutrients to the generative and vegetative organs of winter wheat, grown under different soil and climatic conditions, has differences, namely: the ratio of N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O in grain for Western Polissya is 1:0.29:0.22, for the Right-Bank Forest-Steppe 1:0.30:0.20, and for the Left-Bank Forest-Steppe - 1:0.32: 0.23, that is, there is more nitrogen per unit of phosphorus than previously researchers thought, especially in the more humid climate. Depending on the varietal factor, this ratio varies within the following limits: 1:0.25-0.37:0.17-0.28. A characteristic feature of grain from the Western Polissya of

Ukraine is a lower content of phosphorus, from the Right-Bank Forest-Steppe - nitrogen enrichment, and from the Left-Bank Forest-Steppe - a higher content of potassium. Grain products, obtained on acid soils of Western Polissya and the Right-Bank Forest-Steppe, are depleted of zinc, but contain a lot of iron, and in the Left-Bank Forest-Steppe - vice versa. At the same time, it was revealed significant variation in the content of NPK and microelements in grain and straw of wheat of a certain variety, grown in one soil-climatic subzone, but with different fertilization systems. The chemical composition of the grain was more stable than straw, and the NPK content in the grain was more stable than the trace elements. The greatest variability is inherent in the parameters of nitrogen content (coefficient of variation 17 %).

The main studies were focused on two objects of variety testing in the conditions of the Right-Bank and Left-Bank Forest-Steppe. In particular, in 2016-2017, research was being conducted on the demonstration field of scientific and production firm «Urozhay» limited liability company (spf urozhay llc) (Korsun-Shevchenkivskyi district of Cherkasy oblast), where the soil cover is dark gray podzolic soil on the loess. Twenty-four varieties of winter wheat were investigated and a sample of the most contrasting ones was formed, namely: Ethan, Patras, Matrix, Kombin of German selection (Deutsche Saatveredelung AG); Skagen, Thorild (SAATEN UNION); Panonicus, Tacitus, Fidenius - of Austrian selection (Saatzucht Donau); Bodichek, Bordotka - Czech selection (RAGT Semences).

In 2018-2020, research was conducted on the research field of the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS (Kharkiv district, Kharkiv oblast, Elitne village) on typical medium-humus chernozem on forest loam. The placement of varietal plots of winter wheat was randomized, measuring  $1.25 \times 2.4$  m each. Four varieties-national standards of winter wheat (Luxurious (originator - the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS), Bunchuk (Breeding and Genetics Institute), Smuglyanka and Podolyanka (Institute of Plant Physiology and Genetics)) were selected for the study, as well as 8 varieties of foreign selection (Balitus, (Saatzucht Donau, Austria), Arctis, Matrix (Deutsche Saatveredelung AG, Germany), Annica, Mandica (Zagreb Bc Institute, Croatia), Bodichek and Daria (RAGT Semences, Czech Republic)).

Observations of the dynamics of nutrient consumption after the resumption of spring vegetation at the above sites show that the mass fraction of NPK in tissues gradually decreases from tillering to flowering, but for nitrogen and potassium - faster than for phosphorus. The N/P ratio in the aboveground part of wheat is changed rapidly during this period, decreasing by an average of 10 % per week.

The largest deviations between varieties in the consumption of nutrients were observed in the phase of exit into the tube, when there is the most intensive growth of vegetative mass, and flowering. Studies in the demonstration and research field of Ltd. Urozhay revealed that after the restoration of spring vegetation, wheat consumed more phosphorus under optimal moisture conditions in 2016, and the differences in phosphorus content in the aboveground mass of the studied varieties reached 0.1-0.15 %. Potassium accumulation in 2016 and 2017 was almost the same, except for the tillering phase (4.2% and 4.9%, respectively). However, the content of potassium in straw in 2017 was twice lower than in 2016, which we associate with the peculiarities of crop formation in these years. Due to the spring-summer drought and rainy July 2017, the grain yield of all studied varieties was twice lower than in 2016, and the ratio of grain to straw increased to 1: 2.2-2.8 compared to 1:1.0-1, 3 in 2016.

The results of research, carried out on the research field of the Plant Production Institute named after V. Ya. Yuriev of NAAS in 2018-2020 indicate that regardless of the variety, due to the effect of growth dilution, the concentration of N in plants was decreased from 3.6 to 4.2 % in tillering phase up to 1.3-1.6 % in the flowering phase,  $P_2O_5$  - from 0.7-0.9 % to 0.3-0.5 %,  $K_2O$  - from 3.9-4.6 % to 1, 5-2.8 % respectively. Depending on the meteorological conditions of the year, the ratio of  $P_2O_5$ : N in grain and straw can differ twice, and  $K_2O$ :N in straw - 1.3 times. Varietal differences in NPK assimilation were more noticeable with favorable moisture in the interphase period of April-May and under stressful conditions during grain ripening. The content of microelements in plants in the period from the tillering phase to flowering was decreased more sharply than the main nutrients, namely: Cu - 3-7 times, Zn - 2-3 times, Fe - 3-13 times, Mn - y 1.5-2 times. The concentration of Co in the aboveground part of plants during this period, on the contrary, was increased (2018-2019), or was not changed significantly (2020).

It is proved that the peculiarities of consumption of each element (nitrogen, phosphorus, potassium, copper, manganese, zinc, etc.) are individual for each variety, but genetically determined increased or decreased requirements of individual varieties to them may be permanent, and may occur only under certain hydrothermal conditions. Therefore, to reliably determine the varietal characteristics of winter wheat nutrition it is necessary at least a 2-year period with contrasting weather conditions.

It was found that a group of varieties of European selection (Balitus, Panonicus, Arctis, Matrix, Annica, Manditsa, Bodicek and Daria) accumulated more potassium in the aboveground part of plants, grains and straw than the group of Ukrainian varieties (Rozhkishna, Bunchuk, Smuglyanka, Podolyanka). The nitrogen content in the aboveground part of plants from tillering to flowering was also mostly higher in varieties of European selection.

The greatest differences in the consumption of micronutrients between varieties were in periods with stressful weather conditions. A group of varieties of Ukrainian selection intensively accumulated Zn at the flowering stage, which had a positive effect on its content in grain and straw. In contrast, European cultivars showed higher levels of manganese uptake in the tillering and flowering stages, and as a result in grain and straw. The highest degree of accumulation of iron in the tissues of winter wheat is characteristic of foreign varieties at the stage of exit into the tube, and for Ukrainian varieties - during flowering. However, no variety had the highest content of all trace elements (Fe, Mn, Zn, Cu, Co) at the same time.

Based on the research, it is proposed to determine the special needs of mineral nutrition of new varieties of winter wheat by calculating the summary indicators of varietal specificity for each of the nutrients in relation to the needs of varieties-national standards. Due to the greater demands of varieties of European selection, for the variety Matrix it is advisable to increase the application rates of NP by 15 %, K - by 20 %, Cu - by 25 %, for the variety Panonicus - Mn - by 25 %, N, Zn - by 15 %, K - by 10%, for the variety Annitsa - Mn by 45 %, Cu - by 20 %, P - by 15%, for the variety Arctis - K by 15 %, NP by 10 %, for the variety Manditsa - Mn by 20 %, K by 10 %, for the variety Daria - Mn by 20 %, for the variety Bodicek - Mn by 15 %.

It is noted that the content and ratio of nutrients in the main and non-commercial products of winter wheat of modern varieties differs from those that were in production before. According to the generalization of data obtained at 167 winter wheat growing areas during 2016-2020, which differed in the level of nutrients and fertilizers, soil type, the average removal of nutrients from 1 ton of grain is: N - 21.6 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 6.5 kg, K<sub>2</sub>O - 4.6 kg, and from 1 ton of straw - 4.9 kg, 1.1 kg and 17.5 kg, respectively, which is significantly different from the reference data. The average values of the content of microelements in the final production of winter wheat were (mg/kg): for grain – Zn - 19, Co-0,51, Fe -37, Mn - 30, Cu- 2,1; for straw – Zn- 1,8, Co- 0,52 , Fe -27, Mn -12, Cu -0.6, respectively.

The scientific novelty of the obtained results is as follows: the influence of different soil and climatic conditions on the assimilation of nutrients by winter wheat is revealed; regularities of use of nutrients by winter wheat depending on weather conditions are defined; differences in the supply of basic nutrients to winter wheat plants of different varieties in the critical phases of the growing season are established; for the first time the indicators of efficiency of use of macro- and microelements of nutrition by different varieties of winter wheat of domestic and foreign selection are determined; regulatory parameters of receipt and removal of basic nutrients with the main and non-marketable products of winter wheat modern selection are improved; for the first time, a method for identifying varietal characteristics of consumption of macro- and microelements by winter wheat plants is developed.

The practical significance of the obtained results is to develop an algorithm of actions and methodological approaches to take into account the peculiarities of nutrition of new varieties of winter wheat during the preparation of the fertilizer system. It has been developed a new method for determining the special needs of winter wheat, due to varietal specificity, to adjust its fertilization (application for the invention) of this culture.

The results of research to determine the characteristics of the removal of nutrients from the harvest of winter wheat of different varieties and relevant recommendations for improving the fertilization system of this crop were introduced into the production of LLC "Urozhay" in Korsun-Shevchenkivskyi district of Cherkasy region.

The results of research on the comparison of mineral nutrition of domestic and foreign varieties were transferred to the Plant production institute named after V. YA. YURIEV NAAS for implementation in selection work, and also is applied at preparation of recommendations concerning carrying out of spring field works by the Center of scientific maintenance of APV of the Kharkiv region.

The obtained data on the content of NPK in the main and non-commodity products of winter wheat were used to improve the method of calculating the balance of nutrients.

The main provisions of the dissertation are implemented in the educational process at Kharkiv national agrarian university named after V. V. Dokuchaeva in the preparation of applicants for educational degrees "Bachelor" and "Master" in the teaching of disciplines in the specialties 201 Agronomy, 101 Ecology and 015 Vocational Education.

**Key words:** mineral nutrition, winter wheat, consumption of macro- and microelements, varieties, weather conditions, soil-climatic conditions, fertilization.

## ОСНОВНІ НАУКОВІ ПРАЦІ, ОПУБЛІКОВАНІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

1. Звонар А. М. Динаміка живлення рослин пшениці озимої за різного рівня забезпечення макро- та мікроелементами. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. Харків, 2017. Вип. 22. С. 259-267.
2. Мірошніченко М. М., Звонар А. М., Панасенко Є. В., Леонов О. Ю. Надходження елементів живлення до рослин пшениці озимої різних сортів у контрастні за погодними умовами роки. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. Вип. 89. С. 51-62. doi: <https://doi.org/10.31073/acss89-06> (Проведення польових досліджень, аналіз літературних джерел, статистична обробка отриманих даних).
3. Звонар А. М. Вплив погодних умов року та сортових особливостей на споживання азоту та формування якості зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3. С. 87-95. doi: 10.31521/2313-092X/2020-3(107).
4. Miroshnichenko M., Zvonar A., Pachev I. Micronutrients consumption in different varieties of winter wheat in contrast weather conditions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. 2020. №23 (3). P. 64-79. (Проведення польових і експериментальних досліджень, аналіз стану вивчення питання, статистична обробка отриманих даних).
5. Мірошніченко М. М., Панасенко Є. В., Звонар А. М. Вплив ґрунтово-кліматичних умов, удобрення та сортових особливостей на хімічний склад зерна пшениці озимої. *Вісник ДДАУ*. 2016. Вип. № 3 (41). С. 55 – 61 (Проведення лабораторних досліджень, аналіз літературних джерел, статистична обробка результатів досліджень).

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації*

6. Мірошніченко М. М., Панасенко Є. В., Звонар А. М. Варіабельність хімічного складу зерна пшениці озимої за різних ґрунтово-кліматичних умов, удобрення та сортових особливостей. *Сучасний стан родючості чорноземних ґрунтів і шляхи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро, 25 листопада. 2016 р. м. Дніпро: ДДАУ, 2016. С. 103-105 (Проведення аналітичних досліджень, аналіз літературних джерел, обґрунтування висновків).
7. Звонар А. М. Динаміка надходження та співвідношення елементів живлення у пшениці озимій після відновлення вегетації. *Теорія і практика інноваційних розробок молодих вчених у ґрунтово-агрохімічній науці* : матеріали всеукр. наук.-практ. круглого столу для молодих вчених, м. Харків, 18-19 травня 2017. Харків, 2017. С. 45-48.
8. Звонар А. М., Мірошніченко І. Н. Диагностика мікроелементного питаня пшениці озимої в течение вегетаційного періода *Soil fertility: evaluation, use and protection, regeneration: Materials of the International Research and Practice Conference of young scientists, Minsk, 26-30 June 2017. Minsk, 2017. P. 55-58* (Проведення аналітичних досліджень, аналіз літературних джерел, обґрунтування висновків).
9. Звонар А. М. Надходження елементів живлення до рослин пшениці озимої різних сортів у контрастні за погодними умовами роки. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2018. К.2. С. 160-162.
10. Miroshnichenko M., Galasun Yu., Panasenko Ye, Zvonar A., Sorokotyaga A. Correction of fertilizer system based on knowledge of specific requires of varieties (on the example of winter wheat and soybean). *Ecological Issues of Mountain Agriculture: 21 International Scientific conference «EcoMountain-2018»*, May 2018., RIMSA-Troyan, Bulgaria. 2018. P. 79-80 (Проведення аналітичних і польових досліджень, аналіз літературних джерел, статистична обробка отриманих даних).
11. Звонар А. М., Сорочотяга Г. В., Панасенко Є. В. Сортіві особливості мінерального живлення озимої пшениці та сої. *Prospects for the development of*



- natural sciences in EU countries and Ukraine: International scientific and practical conference. Wloclawek December 21-22, 2018. Republic of Poland, 2018. P. 12-15 (Проведення польових і експериментальних досліджень, аналіз стану вивчення питання, статистична обробка отриманих даних, обґрунтування висновків).*
12. Звонар А. М. Надходження та винос елементів живлення різними сортами пшениці озимої за несприятливих погодних умов. *Інноваційні технології в умовах зміни клімату: матеріали всеукр. наук.-практ. конференції, м. Полтава, 12 червня 2019 р.. Полтава, 2019. С. 34-37.*
13. Звонар А. М. Споживання та винос азоту рослинами пшениці озимої іноземної та вітчизняної селекції. *Ґрунти України, їх стан та збалансоване використання: всеукр. наук.-практ. інтернет-конференція молодих учених та спеціалістів. м. Харків, 27 травня 2020 р. Харків, 2020. С. 35-37.*
14. Miroshnichenko M., Zvonar A., Pachev I. Micronutrients supply to different varieties of winter wheat in contrast weather conditions. *Ecological Issues of Mountain Agriculture: 23 International Scientific conference «EcoMountain-2020». 21-22 May 2020, RIMSA-Troyan, Bulgaria, 2020. P. 52-53 (Проведення польових і лабораторних досліджень, аналіз стану вивчення питання, статистична обробка отриманих даних).*
15. Мірошніченко М. М., Звонар А. М., Панасенко Є. В. Сортова специфічність вимог живлення пшениці озимої після відновлення вегетації. *Сучасні системи удобрення сільськогосподарських культур: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції, м. Дніпро, ДДАЕУ. 11 вересня 2020 р. Дніпро, 2020. С. 58-65 (Проведення польових і лабораторних досліджень, аналіз стану вивчення питання, статистична обробка отриманих даних).*
16. Христенко А. О., Звонар А. М., Коваленко С. С. Закономірності формування балансу макроелементів живлення рослин в ґрунтах України. *Від історії до сучасності: матеріали всеукр. наук.-практ. конференції, присвяченої 135-й річниці з дня заснування Полтавського дослідного поля, м. Полтава, 04 жовтня 2019 р. Полтава, 2019. С. 31-33 (Проведення аналізу літературних відомостей).*