

До разової спеціалізованої ради ДФ 35.051.098  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
м. Львів, вул. Університетська, 1

## **ВІДГУК**

*офіційного опонента, кандидата біологічних наук, доцента кафедри біології  
рослин Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини»  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
**Смірнова Олександра Євгеновича***

*на дисертаційну роботу Макар Орисі Орестівни на тему «ФІЗІОЛОГІЧНІ  
ОСНОВИ ПРОДУКТИВНОСТІ І ЯКОСТІ ЗЕРНА ЯРОЇ ПШЕНИЦІ»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
з галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія»*

### **Актуальність теми дисертаційного дослідження**

Здоров'я людини залежить від високоякісної та збалансованої поживної їжі, на доступність якої негативно впливає відсутність національної стратегії продовольчої безпеки, харчовий дисбаланс, споживання продовольчого зерна з низькою поживною цінністю, відсутність різноманітності харчування тощо. Відсутність продовольчої та харчової безпеки може погіршити якість харчування, значно підвищуючи ризик як недоїдання, так і ожиріння. Поглинання поживних мікроелементів і різноманітність дієти зменшилися в результаті збільшення вирощування зернових і фуражних культур у системах інтенсивного землеробства.

Оскільки продовольча та харчова безпека все ще є далекою метою для багатьох країн, що розвиваються, а для України, що є потужним експортером та жертвою країни-агресора під час військового вторгнення на свою територію, пошук способу забезпечення продовольчої та харчової безпеки стає важливим завданням для наукової спільноти, а також для політиків і урядів країн. На відміну від до мети досягнення «нульового голоду» до 2030 року, якщо нинішня тенденція збережеться, кількість осіб, які постраждали від голоду, перевищить приблизно 8 40 мільйонів до 2030 року. Крім того, розрив у доходах має значний вплив на схеми харчування, оскільки порівняно з високими доходами країни з нижчим рівнем доходу більше

покладаються на рослинні продукти харчування, як джерело білку та менше на свіже м'ясо.

Найближчими роками необхідно підвищити якість зерна пшениці та її виробництво у достатній кількості для населення, яке до 2100 року збільшиться на 36 %. Водночас, багаторічна селекція пшениці попередніх років, спрямована на підвищення врожайності, супроводжувалася зниженням якості зерна внаслідок зменшення вмісту білків, мікроелементів та вітамінів. Саме тому покращення харчової цінності зерна пшениці є одним із пріоритетних напрямків сучасних досліджень генетиків, фізіологів та селекціонерів.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами**

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі фізіології та екології рослин біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка в рамках проекту CRDF «Сталі підходи до збільшення врожайності та харчова цінності пшениці» (OISE 16-62755, 2017-18 pp.), в межах співпраці Львівського національного університету імені Івана Франка та Корнельського Університету (США); також дослідження проводились на базі кафедри біології та біотехнології мікроорганізмів Інституту біологічних наук Люблінського католицького університету імені Івана Павла II (Польща) в межах стипендійних програм Visegrad Scholarship «Bacterial endophytes of the spring wheat varieties» (№ 51810815, 2018-19 pp.) та Visegrad Scholarship «Bacterial endophytes of the spring wheat varieties with different micronutrient acquisition ability» (№ 52010505, 2020-21 pp.).

### **Новизна наукових досліджень та їхня значущість для науки**

Визначено фізико-хімічні властивості ґрунтів дослідних ділянок. Встановлено залежність між рН, вмістом органічної речовини та концентрацією доступних форм Fe, Zn та Cu в ґрунті.

Підтверджено відмінності в реакції на посуху серед 24 сортів пшениці м'якої і твердої української селекції за показниками водного дефіциту, відносного вмісту води, водоутримної здатності у перерахунку на масу і площу прапорцевих листків рослин в умовах польового експерименту. Встановлено, що сорти Райдужна, Жізель, Голіковська, Сімкода миронівська, Панянка та Тера характеризувались високою посухостійкістю.

Ідентифіковано сорти пшениці ярої, які відтворюють високі рівні господарсько-цінних ознак за контрастних погодних умов вирощування.

Виявлено сорти із широкою фенотиповою та адаптивною пластичністю, яка проявляється у підвищенні врожайності, збільшенні концентрації протеїну та мікроелементів у зерні.

Вперше визначено концентрації мікроелементів Fe, Cu, Zn в прапорцевих листках, колосі, зернівках різних сортів пшениці в польових умовах, на дослідних ділянках, які різнились за рН, вмістом органічної речовини та концентрацією доступних форм мікроелементів. Оцінено здатність до транслокації мікроелементів для окремих сортів. Відібрано сорти здатні накопичувати високі концентрації мікроелементів в зерні за умов різного рівня біодоступності. Здійснено кореляційний аналіз залежності між врожайністю, її компонентами та здатністю рослин до поглинання та акумулювання в зерні Fe, Cu та Zn.

Ізольовано, культивовано та ідентифіковано 20 штамів бактеріальних ендоефітів, що належать до родів *Staphylococcus*, *Pantoea*, *Sphingobium*, *Bacillus*, *Kosakonia*, *Micrococcus*, *Kocuria* та *Corynebacterium*. Проаналізовано ймовірний вплив окремих ізольованих штамів бактерій-ендоефітів на врожайність та концентрацію Fe, Cu та Zn в зерні.

Продемонстровано відмінності у здатності до синтезу ауксин-споріднених сполук IRCs серед культивованих штамів бактеріальних ендоефітів, ізольованих із зернівок пшениці. Вперше проведено метагеномний аналіз бактеріальних ендоефітів у тканинах коренів та листків проростків пшениці сортів Оксамит миронівський, Струна миронівська, Дубравка та Голіковська, вирощених в умовах *in vitro*. Ідентифіковано 14 родів бактерій. Доведено існування механізмів вертикальної передачі ендоефітних бактерій родів *Staphylococcus*, *Bacillus*. Вперше ізольовано та ідентифіковано бактеріальні ендоефіти з зернівок та тканин проростків півчастої полби сорту Голіковська.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Отримані експериментальні дані доповнюють сучасні знання про поглинання, транспорт та акумулювання Fe, Zn та Cu різними органами пшениці за росту на ґрунтах з низьким вмістом їх біодоступних форм. Виокремлено сорти пшениці з високою здатністю акумулювати мікроелементи в зерні за низької їх біодоступності в ґрунтах. Використання певних штамів бактеріальних ендоефітів може сприяти росту та покращенню мінерального живлення пшениці, що в свою чергу покращить харчову цінність зерна. Виділені, ідентифіковані та культивовані штами бактерій-

ендофітів можуть бути використані для розробки нової групи біопрепаратів – фітопробіотиків. Результати досліджень впроваджені у навчальний процес вищої школи при викладанні курсів “Практикум з фізіології рослин”, “Живлення рослин”, “Біотехнологія рослин”.

### **Обсяг і структура дисертації**

Дисертація містить такі розділи: «Вступ», «Огляд літератури», «Матеріали та методи досліджень», «Результати досліджень», «Аналіз та узагальнення результатів досліджень», «Висновки», «Список використаних джерел» та «Додатки». Дисертацію викладено на 244 сторінках друкованого тексту і проілюстровано 36 рисунками та 14 таблицями. Список літератури включає 489 найменування.

### **Повнота викладу результатів дисертаційної роботи та наукових положень в наукових публікаціях за темою дисертації**

За матеріалами дисертації опубліковано 3 статті: 1 статтю у міжнародному виданні, яке входить до бази SCOPUS (квартиль Q1) і 2 статті в фаховому журналі категорії Б, з яких одна стаття проіндексована у наукометричній базі SCOPUS, а також 16 матеріалів і тез доповідей на закордонних, міжнародних і вітчизняних наукових конференціях, форумах та симпозіумах.

### **Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**

У роботі не виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Для всіх публікацій у співавторстві чітко зазначено особистий внесок дисертанта. Анотація відображає основний зміст дисертаційної роботи. Вона не містить положень чи ідей, що не наведені в основному тексті.

### **Пропозиції та зауваження до дисертаційної роботи**

Принципових недоліків у дисертаційній роботі Макар Ориси Орестівни не виявлено. Однак, є окремі уточнюючі питання:

1. Чим обумовлений вибір саме ярих пшениць як матеріалу для дисертаційного дослідження, в чому їхня перевага порівняно з озимими сортами, або дворучками?

2. Який вплив на об'єкт та предмет дисертаційного дослідження має той факт, що досліджуються різні за плідністю види, оскільки доместикація пшениці передбачала поступове створення поліплоїдних форм?
3. У переліку ключових слів наявне словосполучення «біосинтетичний потенціал», яке в основному тексті дисертаційного дослідження не згадується, що саме авторка вкладає в це поняття?
4. Які причини/фактори могли сприяти перевищенню ГДК цинку в зерні окремих видів (сортів) пшениці української селекції на окремих дослідних ділянках?
5. У зв'язку з повномасштабним вторгненням російської федерації, значні території України мають/матимуть забруднення важкими металами (кадмієм). Активно кадмій поглинається та транслюкується у зерні пшениці через неспецифічне захоплення цілою низкою транспортерів, які регулюють переміщення есенціальних двовалентних катіонів. Добре дослідженою у цьому контексті є роль ZIP (Zrt-/Irt-like Protein) транспортерів, що відіграють ключову роль у поглинанні та транспортуванні іонів  $Zn^{2+}$  та  $Fe^{2+}$ , чи з'являється на думку дисертантки проблема накопичення токсичного кадмію в зерні при подальшому вирощуванні на деокупованих територіях?
6. Що саме входить до складу комплексу ауксино-подібних сполук, оскільки і за значне підкислення ризосферного простору, і за мобілізацію/доступність елементів відповідає синтетична і видільна активність кореневої системи рослини через виділення лимонної, янтарної, щавлевої кислоти?
7. В якості Fe-мобілізуючих/хелатуючих сполук бактеріального походження згадуються сидерофори, але сидерофорна активність ендofітніх ізолятів не наводиться, чи проводився тест на сидерофор-продукуючу активність мікроорганізмів?

### **Загальна оцінка роботи і висновок**

В цілому, за зазначеною актуальністю, обсягом наведеного експериментального матеріалу, його новизною, науковим і практичним значенням, рівнем застосованих методологічних підходів дисертаційна робота «Фізіологічні основи продуктивності і якості зерна ярої пшениці»

відповідає встановленим вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, та Вимогам до оформлення дисертації, затвердженим наказом МОН України від 12.01.2017 року № 40, які пред'являються до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії, а її авторка, Макар Орися Орестівна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія».

***Офіційний опонент:***

*Кандидат біологічних наук,  
доцент кафедри біології рослин  
Навчально-наукового центру  
«Інститут біології та медицини»  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка*

*Олександр СМІРНОВ*