

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ЩЕРБАКОВА ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА**

УДК 635.657:631.53.01

**ПРОДУКТИВНІСТЬ НУТУ ТА АКТИВНІСТЬ БОБОВО-  
РИЗОБІАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РОСЛИН ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ  
НАСІННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.09 – рослинництво

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

Київ–2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** доктор сільськогосподарських наук,  
професор, член-кореспондент НААН  
**КАЛЕНСЬКА Світлана Михайлівна**,  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України,  
завідувач кафедри рослинництва

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук, професор,  
**БАХМАТ Микола Іванович**,  
Подільський державний аграрно-технічний університет,  
завідувач кафедри рослинництва і кормовиробництва

кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
**ГОЛОДНА Антоніна Василівна**,  
ННЦ «Інститут землеробства НААН»,  
провідний науковий співробітник відділу  
адаптивних інтенсивних технологій зернобобових,  
круп'яних і олійних культур

Захист дисертації відбудеться « 7 » жовтня 2015 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.10 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, Київ–41, вул. Генерала Родимцева, 19, навчальний корпус № 1, аудиторія 97

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий «     »                      2015 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Н. В. Новицька

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Збільшення виробництва рослинного білка шляхом розширення посівів зернобобових культур в цілому та нуту, зокрема, дозволить підвищити збір високобілкової продукції, покращити родючість ґрунтів, розширити біорізноманіття та оптимізувати структуру посівних площ сільськогосподарських культур, що є актуальною задачею для розвитку сільського господарства країни.

Умови Правобережного Лісостепу України сприятливі для вирощування нуту, проте недостатня стабільність урожайності та валових зборів зерна стримують впровадження та розширення посівних площ культури. Стабільність урожайності нуту визначається стійкістю агроценозів до негативних чинників довкілля, реалізацією генетичного потенціалу сортів за управління формуванням продуктивності через оптимізацію регламенту елементів технології вирощування.

Вирішення даної проблеми потребує проведення поглиблених досліджень щодо комплексної обумовленості біології та потенціалу рослин нуту, гідротермічних умов вегетаційного періоду та передпосівного оброблення насіння нуту препаратами з різним механізмом дії на активацію симбіотичної активності та продукційних процесів рослин нуту, що й визначає актуальність теми.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження є складовою частиною тематик Національного університету біоресурсів і природокористування України «Розробка теорії підвищення стійкості рослин в онтогенезі до біотичних та абіотичних факторів на основі застосування нанорозмірних біогенних металів» (номер державної реєстрації 0108U001975, 2008–2012 рр.), «Розробити науково обґрунтовані новітні технології виробництва, переробки та зберігання сировини і стандартизованої продукції рослинництва» (номер державної реєстрації 0112U002219, 2012–2014 рр.) та ініціативної тематики «Удосконалення технології виробництва високоякісного насіння сільськогосподарських культур» (номер державної реєстрації 0109U008133, 2009–2013 рр.).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є встановлення біологічних особливостей, обґрунтування та створення високопродуктивних, стійких до дії стресів агроценозів нуту та заходи щодо формування стабільної продуктивності нуту в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення мети необхідно було вирішити такі задачі:

- встановити вплив передпосівного оброблення на схожість та біохімічні особливості проростання насіння нуту;
- виявити особливості формування та реалізації генетичного потенціалу продуктивності сортів нуту залежно від застосування передпосівного оброблення насіння інокулянтами та колоїдним розчином молібдену;
- встановити вплив варіантів передпосівного оброблення насіння нуту на формування фотосинтетичного та симбіотичного апарату рослин;

- визначити ефективність застосування варіантів передпосівного оброблення насіння на склад мікроорганізмів кореневої зони рослин, як інтегрального показника утворення симбіозу;

- встановити стійкість рослин нуту до гідротермічних умов шляхом вивчення функціонування прооксидантної та антиоксидантної системи рослин за застосування передпосівного оброблення насіння;

- виявити оптимальні параметри структурних елементів врожаю нуту та їх взаємозв'язок за різних варіантів передпосівного оброблення насіння;

- визначити рівень урожайності та показники якості зерна нуту залежно від гідротермічних факторів та передпосівного оброблення насіння;

- провести біоенергетичну та економічну оцінку технології вирощування нуту залежно від застосування передпосівного оброблення насіння.

*Об'єкт дослідження* – процес формування продуктивності нуту та активність бобово-ризобіальної системи залежно від передпосівного оброблення насіння та особливості їх взаємодії у ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України.

*Предмет дослідження* – нут, сорти Розанна і Тріумф, передпосівне оброблення насіння, колоїдний розчин молібдену (КРМ), бактеріальний препарат Ризобофіт, штам бульбочкових бактерій ST 282, урожайність, якість зерна.

**Методи дослідження.** У ході виконання роботи застосовували загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: *польовий метод* – визначення взаємозв'язку об'єкта з біотичними та абіотичними факторами у конкретних умовах досліджуваної зони; *лабораторні методи*: мікробіологічні та молекулярно-генетичні – визначення складу мікроорганізмів кореневої зони рослин; *біохімічний* – визначення вмісту кореневих метаболітів, ферментів та поживної цінності зерна; *статистичні методи*: дисперсійний, кореляційний, порівняльно-розрахунковий – визначення економічної та біоенергетичної ефективності технології вирощування.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Уперше в умовах Правобережного Лісостепу України доведено обумовленість біології й потенціалу рослин нуту, гідротермічних умов вегетаційного періоду та передпосівного оброблення насіння нуту препаратами з різним механізмом дії на активацію симбіотичної активності та продуційних процесів рослин нуту.

*Уперше:*

- визначено вплив передпосівного оброблення насіння нуту бульбочковими бактеріями та колоїдним розчином молібдену на фізіолого-біохімічні процеси за проростання насіння та якість посівного матеріалу;
- встановлено індикативні показники вмісту ферментів антиоксидантного захисту рослин та перекисного окиснення ліпідів, які є критеріями стійкості рослин до стресу;
- встановлено залежність морфофізіологічних параметрів росту рослин від варіантів передпосівного оброблення насіння;

- досліджено вплив передпосівного оброблення насіння на фотосинтетичний та симбіотичний апарат рослин нуту;
- встановлено залежність якісного та кількісного складу метаболітів, корневих виділень рослин, формування специфічного мікробіому, кількість та різноманітність мікроорганізмів, у тому числі і ризобіальних, які вступають у симбіоз з рослинами нуту від передпосівного оброблення насіння препаратами з різним механізмом дії;
- встановлено продуктивний потенціал сортів нуту, виявлено особливості формування його врожайності та якості зерна в умовах Правобережного Лісостепу України залежно від передпосівного оброблення насіння;
- обґрунтовано економічну та біоенергетичну ефективність вирощування нуту у Правобережному Лісостепу України.

*Удосконалено:*

- окремі елементи технології вирощування нуту для умов Правобережного Лісостепу України;
- елементи технології вирощування нуту, спрямовані на підвищення активності формування симбіозу та стійкості рослин до несприятливих гідротермічних умов, а відповідно й рівня врожайності та якості продукції в умовах Правобережного Лісостепу України.

*Дістало подальший розвиток* положення щодо:

- впливу елементів технології вирощування рослин нуту на морфологічні та біохімічні процеси формування продуктивності рослин;
- залежності якісних показників зерна нуту від передпосівного оброблення;
- застосування комплексного аналізу рослинно-мікробних відносин для оцінки ефективності запропонованих елементів технології вирощування нуту.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі проведених польових досліджень, одержаних результатів та їх виробничої перевірки розроблено та науково обґрунтовано елементи технології вирощування нуту, які містять підбір сортів та проведення передпосівного оброблення насіння, що дає змогу отримати врожай зерна нуту на рівні 3,0–3,5 т/га.

Результати наукових досліджень пройшли виробничу перевірку та впроваджені у ФГ «Джупинівське» Іллінецького району Вінницької області у 2013–2014 рр. на площі 10 га.

**Особистий внесок здобувача.** Автором особисто або за його безпосередньою участю виконано польові і лабораторні дослідження. За темою дисертації проведено аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури. Узагальнено результати досліджень, зроблено їх систематизацію та сформульовано основні положення дисертаційної роботи, висновки та рекомендації виробництву, підготовлено матеріали та написано статті.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень оприлюднені та обговорені на: ІХ з'їзді Українського товариства генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова (АР Крим, Алушта, 24–28 вересня 2012); Microbial biotechnology: topicality and future (Ukraine, Kiev, 19th – 22th november 2012);

XXXI – International conference of phenomena in ionized gases (Spain, Granada, July 14–19, 2013); XXth Symposium on Physics of Switching Arc, (Czech Republic, Brno, September 2–6, 2013); Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР, профессора Артура Артуровича Ячевского «Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке» (Россия, Санкт-Петербург, 2–4 октября 2013); Національна академія мікології XIII з'їзді товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського, (АР Крим, Ялта, 1–6 жовтня 2013); Conference «Nanotechnology and nanomaterials» (NANO–2013) (Ukraine, Bukovel, 25 August – 1 September 2013); засіданнях кафедри рослинництва НУБіП України (2012–2014 рр.) та проблемній раді НДІ рослинництва, ґрунтознавства та сталого природокористування (2012–2014 рр.).

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 6 статей, 2 з них у фахових виданнях, 4 – у іноземних, 1 науково-практичні рекомендації, 1 патент та 7 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

**Обсяг та структура дисертації.** Дисертацію викладено на 209 сторінках комп'ютерного тексту, складається зі вступу, 6 розділів, які містять 38 таблиць, 20 рисунків, висновків, рекомендацій виробництву, 22 додатки та список використаних джерел, який вмістить 240 найменувань, з них – 44 латиницею.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

### **ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ БОБОВИХ КУЛЬТУР**

У розділі наведено стислий аналіз результатів досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів щодо біології нуту, його поширення та виробництва в Україні і світі. Висвітлено вплив деяких елементів та технологій вирощування нуту на реалізацію його біологічного потенціалу. Проаналізовано наукові дослідження щодо формування врожайності та отримання високих і якісних врожаїв нуту залежно від агроекологічних факторів та агротехнічних заходів вирощування, наведено їх переваги. На цій основі розроблено програму дослідження за темою дисертації.

### **УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Експериментальну частину роботи виконано протягом 2012–2014 рр. у стаціонарному досліді ВП «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне Васильківського району Київської області) та у лабораторії аналітичних досліджень кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний грубопилувато-суглинковий. Питома маса твердої фази ґрунту  $2,68 \text{ г/см}^3$ , щільність у рівноважному стані –  $1,15\text{--}1,25 \text{ г/см}^3$ , вологість стійкого в'янення – 10,9 %, вміст гумусу у шарі 0–20 см – 4,60 %, у 25–50 см – 4,22 %, рН сольової витяжки – 6,9–7,1; ємність поглинання – 30,3–31,4 мг/екв на 100 г

грунту. Вміст гумусу в орному шарі (за Тюрінім І. В.) – 4,6 %, вміст рухомого фосфору (за Мачигінім Б. П.) – 6,2–6,5, калію – 9,1–11,1 мг на 100 г ґрунту.

Нут розміщували на полях 10-пільної сівозміни стаціонарного досліду. Попередник – ячмінь ярий. Загальна площа елементарної ділянки – 42 м<sup>2</sup>, облікової – 28,8 м<sup>2</sup>, повторність досліду чотириразова.

З метою теоретичного обґрунтування та розробки елементів технології вирощування нуту закладено та проведено ряд дослідів у польових умовах Правобережного Лісостепу України та у лабораторії.

### **Дослід 1. Продуктивність нуту за передпосівного оброблення насіння.**

З метою теоретичного обґрунтування та розроблення елементів технології вирощування нуту закладено двофакторний дослід в умовах Правобережного Лісостепу України.

Таблиця 1

**Схема досліду 1**

Сорт, фактор А:	Передпосівне оброблення насіння, фактор В:
Розанна (стандарт) Тріумф	1. Оброблення водою (контроль) (К) 2. Інокуляція Ризобофітом (РБ) 3. Інокуляція <i>M. ciceri</i> штамом ST 282 (ST) 4. Оброблення колоїдним розчином молібдену (КРМ) 5. Оброблення КРМ + Ризобофіт (КРМ + РБ) 6. Оброблення КРМ + штам ST 282 (КРМ + ST)

Для досліджень обрано два середньостиглих сорти нуту Розанна та Тріумф. Норма висіву – 500 тис. насінин/га. Норма витрати колоїдного розчину наночасток молібдену становила 1 л розчину із розрахунку на тону насіння, робочий розчин відповідає концентрації металу 0,8 мг/л.

Норма використання Ризобофіту та штаму ST 282 у рідкій формі у розрахунку на гектарну норму висіву насіння становила 100 мл, у 1 мл препарату містилося 6–7 млрд бульбочкових бактерій. У день сівби препарат розводили у 1,7 л води і цим розчином обробляли насіння.

Під основний обробіток ґрунту вносили гранульований суперфосфат (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 19,5 %) і калійну сіль (K<sub>2</sub>O – 40,0 %) у дозі 60 кг/га д. р., аміачну селітру (N – 34,4 %) – 30 кг/га навесні.

Агротехніка вирощування – загальноприйнята для зони за виключенням елементів, які досліджували. Нут висівали за температури ґрунту +6–8° С на глибину 6–8 см, звичайним рядковим способом. По вегетації вносили гербіцид Базагран (2 л/га). Збирання проводили прямим комбайнуванням зерновими комбайнами у фазі повної стиглості зерна.

### **Дослід 2 (польовий). Продуктивність нуту залежно від концентрації колоїдного розчину молібдену.**

Для досліду були використано ті ж сорти та норма висіву, що й у досліді 1, передпосівне оброблення колоїдним розчином молібдену проводили згідно зі схемою, наведеною у таблиці 2. Фактор А – сорт; фактор В – концентрація колоїдного розчину молібдену.

Норма витрат колоїдного розчину молібдену становила 1 літр на одну тону насіння, концентрації молібдену по варіантах досліду були: 0,8 мг/л (1:100); 8 мг/л (1:10) та 40 мг/л (1:1).

Таблиця 2

Схема досліду 2

Сорт, фактор А:	Оброблення насіння КРМ, фактор В
Розанна (стандарт) Тріумф	1. Оброблення водою (контроль) 2. Оброблення КРМ концентрація (1:1) 3. Оброблення КРМ концентрація (1:10) 4. Оброблення КРМ концентрація (1:100)

**Дослід 3 (лабораторний). Схожість та фізіолого-біохімічні процеси за проростання насіння нуту залежно від оброблення насіння різними штамми бульбочкових бактерій.**

Таблиця 3

Схема досліду 3

Сорт, фактор А:	Оброблення насіння, фактор В
Розанна (стандарт) Тріумф	1. Оброблення водою (контроль) 2. Оброблення КРМ концентрація (1:10) 3. Оброблення КРМ концентрація (1:100) 4. Оброблення КРМ концентрація (1:1000) 5. Оброблення КРМ концентрація (1:10000) 6. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST-282 7. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST-282 + КРМ (1:10) 8. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST-282+ КРМ (1:100) 9. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST-282+ КРМ (1:1000) 10. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST-282+ КРМ (1:10000)

Насіння нуту сортів Розанна та Тріумф обробляли розчинами (інокулянти – 10, КРМ – 210 мл/кг насіння), поміщали у чашки Петрі та пророщували у кліматостаті марки КС-200 СПУ за температури + 20° С. Повторність досліду – восьмиразова.

**Дослід 4 (лабораторний). Вплив оброблення насіння нуту на склад та інтенсивність корневих виділень рослин.**

Таблиця 4

Схема досліду 4

Сорт, фактор А:	Оброблення насіння, фактор В
Розанна (стандарт) Тріумф	1. Оброблення водою (контроль) 2. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST-282 (1*108 КУО/мл) 3. Оброблення КРМ (1:100) 4. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST-282 + КРМ 1:100



Для визначення складу амінокислот використовували високочутливий метод «AccQ–Tag Waters». Перед цим визначали вміст L–триптофану на колонці Waters ACQUITY UPLC BEH RP18 Shield з використанням флуоресцентного детектора.

**Дослід 5 (лабораторний). Визначення просторової локалізації бульбочкових бактерій у коренях нуту за оброблення насіння.** Насіння нуту сортів Розанна та Триумф, поверхнево стерилізували розчином сулеми 7 хв, промивали дистильованою водою та пророщували протягом 5 діб у чашках Петрі за температури повітря плюс 20° С у стерильних умовах. Після цього стерильні проростки інокулювали штамом (табл. 5).

Таблиця 5

Схема дослідів 5

Сорт, фактор А:	Оброблення насіння, фактор В
Розанна (стандарт) Триумф	1. Оброблення водою (контроль) 2. Оброблення культурою ризосферних бактерій <i>Bacillus subtilis</i> 3. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST–282 (1*108 КУО/мл) 4. Оброблення КРМ 1:100 5. Інокуляція штамом <i>M.ciceri</i> ST–282 + КРМ 1:100

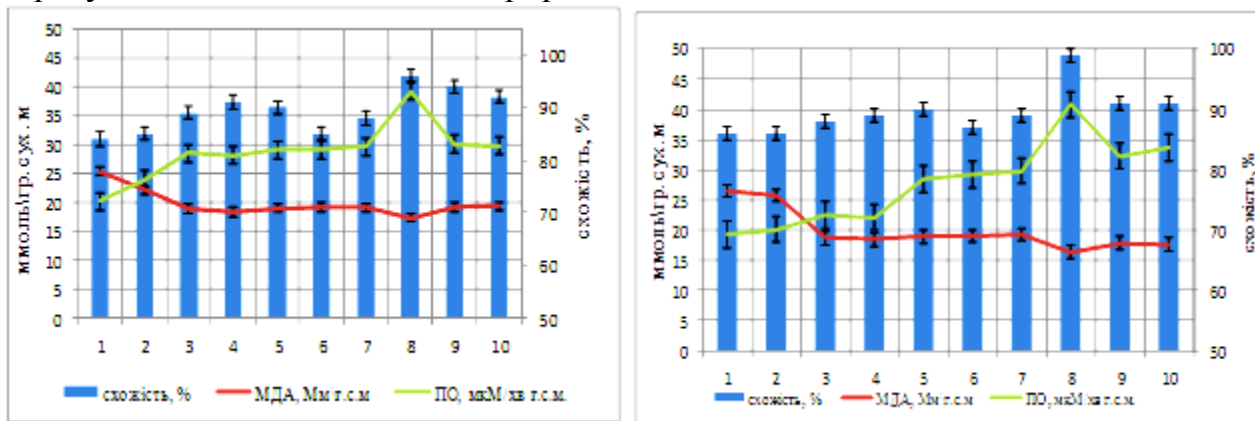
Для розв'язання поставлених задач проводили ряд досліджень, підрахунків та спостережень: густоту стояння рослин визначали на фіксованих ділянках за повних сходів та у фазі повної стиглості; фенологічні спостереження за рослинами нуту, висоту рослин та динаміку накопичення сухої речовини проводили за фенологічними фазами росту і розвитку рослин за методикою Ф. М. Куперман (1968) та Є. В. Бочкарьової (1979); стресовий стан рослин визначали за вмістом малонового діальдегіду (1968); активність супероксиддисмутази (СОД) досліджували спектрофотометричним методом (1990); активність каталази визначали за методом М. А. Корольок (1988); активність пероксидази за Henry E. (1977); визначення площі листової поверхні за фенологічними фазами облікували контурним методом (1944); фотосинтетичний потенціал визначали за А. А. Ничипоровичем (1982); вміст пігментів хлорофілу «а» і «b» у листках рослин нуту проводили з використанням спектрофотометра та подальшим розрахунком концентрації пігментів за рівнянням Хольмана-Веттштейна (1990); кількість і масу бульбочок визначали за Г. С. Посипановим (1991); азотфіксуючу активність кореневих бульбочок визначали атециленовим методом на газовому хроматографі «Хром-504» (1985); склад ризосферних бактерій визначали за допомогою повногеномного секвенування мікробіому ґрунтів (2009); аналіз структури урожаю проводили за Методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур (1985); облік урожаю проводили методом прямого комбайнування подільночно; вологість, масу 1000 зерен, енергію

проростання та схожість насіння визначали за ДСТУ 4138–2002; якість зерна визначали методом інфрачервоної спектрометрії на інфрачервоному аналізаторі NIR Scanner 4250 з комп'ютерним забезпеченням ADI DM 3114; хроматографічний аналіз в отриманих екстрактах за допомогою системи високоефективної рідинної хроматографії (1999) з флуоресцентним детектором; економічну оцінку визначали розрахунковим методом за технологічною картою вирощування нуту; біоенергетичний аналіз ефективності технологій вирощування проводили за методикою О. К. Медведовського (1988) та П. І. Іваненком (1988); математичне оброблення результатів проводили з використанням методів дисперсійного та кореляційного аналізів і статистичної оцінки середніх показників, відповідно до методики Б. А. Доспехова (1985). Отримані дані аналізували за методами математичної статистики на персональному комп'ютері з використанням програмного пакета «Statistica–6».

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН НУТУ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ

**Вплив передпосівного оброблення насіння на фізіолого-біохімічні процеси проростання насіння нуту.** Дослідження впливу передпосівного оброблення насіння нуту на фізіолого-біохімічні процеси проростання вказують на залежність між активністю пероксидази та вмістом МДА. Підвищення активності пероксидази (рис. 1) сприяло зниженню МДА, а отже і зниженню стресу в насінні за активізації проростання.



а) сорт Розанна

б) сорт Триумф

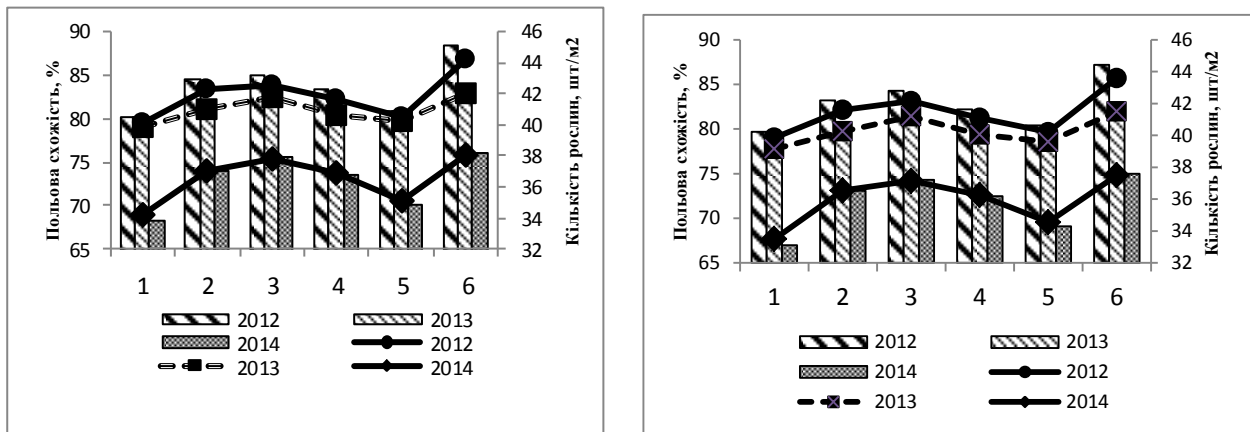
Примітки: 1. Оброблення водою (контроль); 2. КРМ 1:10; 3. КРМ 1:100; 4. КРМ 1:1000; 5. КРМ 1:10000; 6. інокуляція *M.ciceri*ST282; 7. *M.ciceri*+ КРМ 1:10; 8. *M.ciceri*+ КРМ 1:100; 9. *M.ciceri*+ КРМ 1:1000; 10. *M.ciceri*+ КРМ 1:10000

Рис. 1. Вплив передпосівного оброблення насіння нуту на лабораторну схожість та біохімічні процеси насіння (дослід 3)

Активність пероксидази на початку проростання насіння нуту за оброблення насіння *M.ciceri* + КРМ (концентрацією 1:100) значно зростає у 1,8–2,0 рази, що сприяє не тільки активному проростанню, а й підтриманню життєздатності насіння, оскільки пероксидаза каталізує у насінні реакції

оксидазного та пероксидазного окислення, продуктом реакції яких є вода, що надзвичайно потрібна насінню для виходу із стану спокою. Схожість насіння сорту Розанна за оброблення водою (контроль) становила 84 %; Тріумф – 86 % , а за оброблення насіння ризобіями та КРМ (1:100) схожість підвищувалась до 96 та 99 % відповідно.

**Вплив передпосівного оброблення насіння нуту на польову схожість та густоту стояння рослин.** Середня тривалість періоду сівба-сходи варіювала у межах від 10 до 15 діб для обох сортів і значною мірою обумовлювалася погодними умовами. За передпосівного оброблення насіння КРМ + штам ST 282 польова схожість (рис. 2) підвищувалася на 1,5 % порівняно з варіантом оброблення КРМ + Ризобофіт та на 11,8 % порівняно з контролем.



а) сорт Розанна

б) сорт Тріумф

Примітки: 1. Оброблення водою (контроль); 2. Інокуляція Ризобофітом; 3. Інокуляція штамом ST 282; 4. Оброблення КРМ; 5. Оброблення КРМ + Ризобофіт; 6. Оброблення КРМ + штам ST 282

Рис. 2. Густота стояння рослин у період сходів та польова схожість нуту за передпосівного оброблення насіння, 2012–2014 рр. (дослід 1)

У сорту Тріумф виживаність рослин впродовж вегетації становила 91,7–93,5 % залежно від передпосівного оброблення насіння; Розанна – 89,5–92,2 %. Відсоток збереженості рослин за оброблення насіння розчином з концентрацією КРМ 1:100 становив для сорту Розанна – 89,5; Тріумф – 91,7; з концентрацією КРМ 1:1 – 89,2 у сорту Розанна та 90,7 сорту Тріумф.

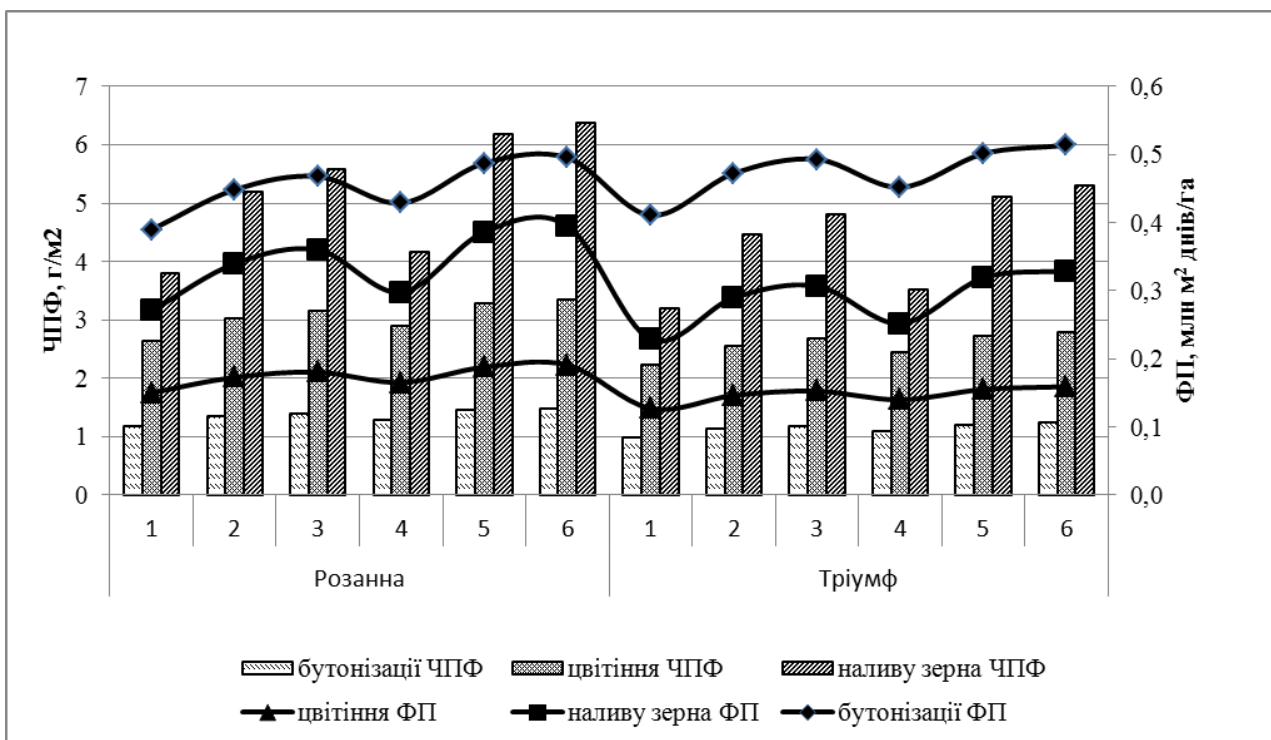
**Тривалість міжфазних періодів онтогенезу росту та розвитку рослин нуту.** Тривалість вегетаційного періоду суттєво залежала від погодних умов. У 2012 році тривалість вегетації рослин сорту Розанна становила 90 діб; 2013 році – 95; 2014 році – зросла до 100 діб; для сорту Тріумф – 89; 92 та 98 діб відповідно до року. Концентрації КРМ 1:1; 1:10 і 1:100 не мали суттєвого впливу на тривалість міжфазних періодів.

**Формування висоти рослин нуту.** Порівнюючи сорти Розанна і Тріумф зазначено, що передпосівне оброблення насіння мало більший вплив на висоту рослин у сорту Розанна. За оброблення КРМ + штам ST 282 висота рослин становила 76,2 см. Із зменшенням концентрації розчину збільшується висота рослин і навпаки із збільшенням концентрації вона зменшується. Найбільший

приріст висоти рослин спостерігали за оброблення насіння КРМ з концентрацією 1:100 у обох сортів.

**Фотосинтетична діяльність посівів нуту.** За роки досліджень передпосівне оброблення насіння сприяло росту листової поверхні рослин досліджуваних сортів нуту. У варіантах із застосуванням Ризобофіту площа листової поверхні рослин у фазі наливу зерна збільшувалася на 4,7–6,0 % у порівняно з контролем, з обробленням насіння колоїдним розчином молібдену – на 2,5–4,1 %. Спільне оброблення насіння препаратом Ризобофіт та КРМ сприяло збільшенню площі листової поверхні рослин на 15–18 %.

Найсприятливіші умови для формування чистої продуктивності фотосинтезу (рис.3) склалися у сорту Тріумф за передпосівного оброблення насіння препаратом Ризобофіт з додаванням колоїдного розчину молібдену та



штамом ST 282 з додаванням колоїдного розчину молібдену.

Примітки: 1. Оброблення водою (контроль); 2. Інокуляція Ризобофітом; 3. Інокуляція штамом ST 282; 4. Оброблення КРМ; 5. Оброблення КРМ + Ризобофіт; 6. Оброблення КРМ + штам ST 282

Рис. 3. Фотосинтетичний потенціал (ФП) та чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) посівів на різних фазах росту рослин нуту залежно від передпосівного оброблення насіння, середнє за 2012–2014 рр. (дослід 1)

Найбільший вміст хлорофілу спостерігали за спільного оброблення бульбочковими бактеріями та КРМ, а вміст збільшився на 19–37 %. Оброблення насіння нуту ризобіями та КРМ сприяло підвищенню як загального вмісту хлорофілу, так і збільшення хлорофілу а і b.

**Динаміка накопичення сухої речовини рослинами нуту.** Найбільше сухої речовини щодо контролю накопичували рослини на досліджуваних варіантах

обробляння насіння у фазу формування бобів. Так, у сорту Розанна: із застосуванням передпосівного обробляння Ризобофітом – на 1,38, штамом ST 282 – на 1,79, за застосування обробляння КРМ – тільки на 0,54. Обробляння насіння Ризобофітом та КРМ – на 2,31, штаму ST 282 та КРМ – на 2,49 т/га. У сорту Тріумф: Ризобофітом – на 1,41, штамом ST 282 – на 1,81, за застосування обробляння КРМ – тільки на 0,53, застосування обробляння насіння Ризобофітом та КРМ – на 2,1, штаму ST 282 та КРМ – на 2,33 т/га. Трирічні дослідження свідчать, що найсприятливіший вплив на процес накопичення сухої речовини спостерігався за обробляння насіння КРМ у концентрації 1:100.

**Адаптаційна здатність рослин нуту та вплив передпосівного обробляння на стійкість рослин до стресу.** Рівень стресового стану рослин нуту залежав від погодних умов та передпосівного обробляння насіння. Найактивніше накопичення продуктів ПОЛ відбувалося у 2014 році за несприятливих погодних умов. До того ж, у рослин на контрольних варіантах інтенсивність ПОЛ була найвищою і становила 40–42 мкМ/г сирої маси рослин.

Обробляння насіння колоїдними розчинами молібдену та бульбочковими бактеріями підвищувало стійкість рослин до несприятливих умов, шляхом активації ферментів антиоксидантного захисту. Підвищення активності ферментів сприяло детоксикації рослинних клітин. У варіантах із застосовуванням обробляння насіння КРМ та бульбочковими бактеріями, активність СОД зростала на 85–100 % відносно активності у контрольних варіантах. Максимальне підвищення активності пероксидази у рослин нуту спостерігали у сорту Тріумф за обробляння насіння КРМ та ризобіями – 6,187 ммоль/мг білка, що перевищує активність ферменту в контролі у три рази. Лише активність каталази була нижчою, ніж у контрольного варіанту, на 15–40 %. Поряд з тим рослини із низькою активністю каталази не були чутливими до дії стресу.

Концентрація КРМ не мала суттєвого впливу на активність окисно-відновних ферментів. Так, лише КРМ концентрацією 1:100 дещо підвищував активність ферментів рослин нуту.

#### **ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ РОСЛИН НУТУ**

**Кількість, маса та нітрогеназна активність азотфіксуючих бульбочок на коренях нуту.** Формування бульбочок на коренях нуту залежало від варіантів обробляння насіння. Найбільша кількість бульбочок 18,7–24,6 шт./рослина та маса 823–976 мг/рослина, була відмічена за обробляння насіння штамом ST 282 та КРМ.

Застосування колоїдного розчину молібдену сприяло підвищенню нітрогеназної активності на 27–28 % у сорту Розанна та 19–20 % у сорту Тріумф. У 2014 році динаміка нітрогеназної активності була дещо нижчою, ніж у попередні роки (рис. 5). Низькі температури та надмірна кількість опадів, що припали на період цвітіння нуту, негативно вплинули на активність формування бульбочок та нітрогеназну активність.

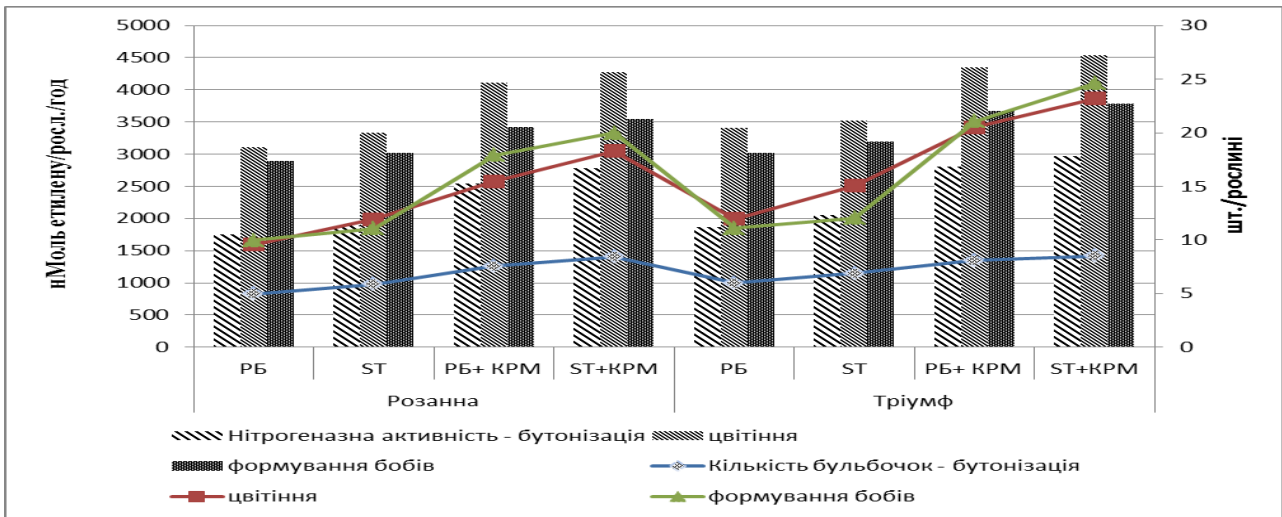


Рис. 5. Формування бульбочок та активність симбіотичної азотфіксації сортів нуту залежно від передпосівного оброблення насіння, середнє за 2012–2014 рр. (дослід 1)

**Склад бактерій ризосфери рослин нуту та корневих ексудатів за передпосівного оброблення насіння.** Застосування молібдену у формі колоїдного розчину наночастинок спільно з інтродукцією бульбочкових бактерій, дає змогу підвищити різноманітність мікроорганізмів ризосфери нуту (рис. 6), збільшити чисельність симбіотичних та асоціативних азотфіксаторів.

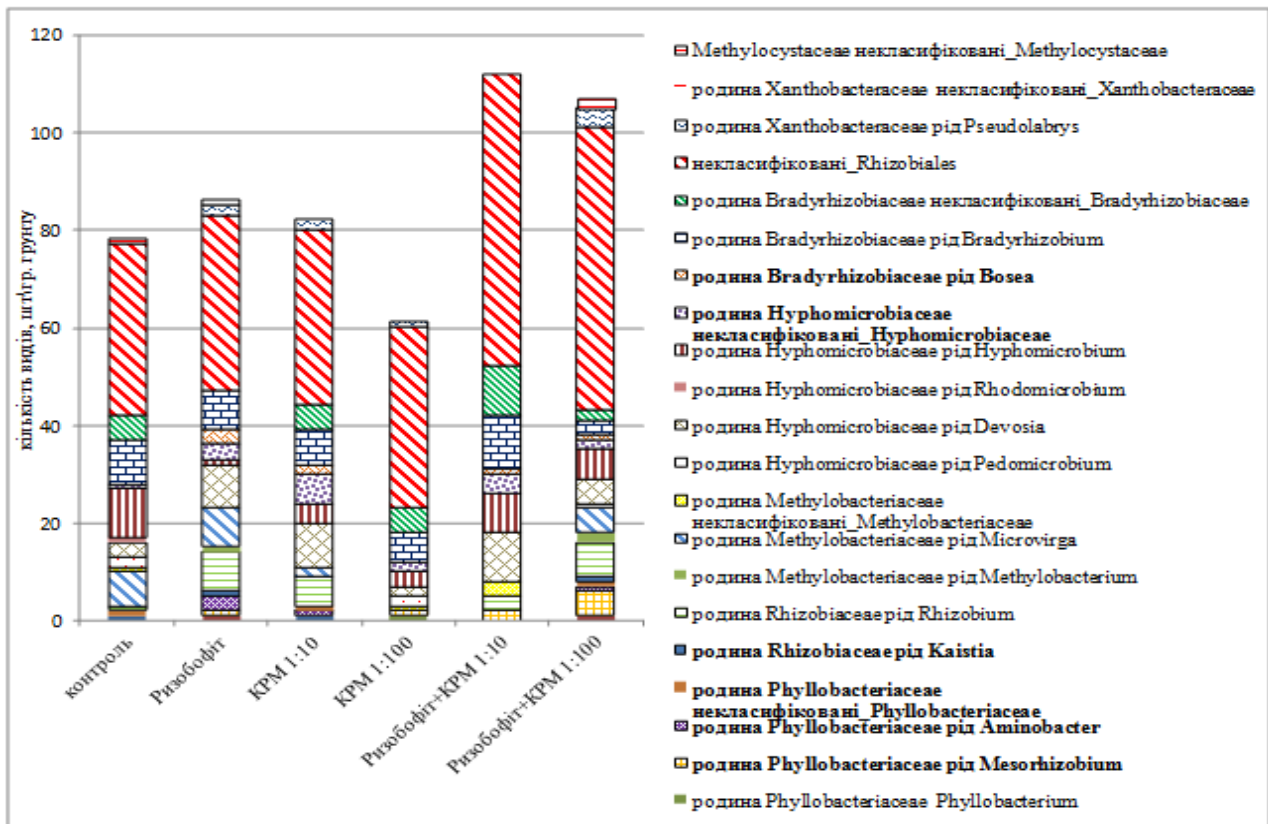


Рис. 6. Таксономічна структура мікроорганізмів ризосфери нуту (порядку *Rhizobiales*) залежно від передпосівного оброблення насіння, шт./г ґрунту, (дослід 1)

За сприятливого фізіологічного статусу з високою активністю азотфіксації, рослина нуту створює у своїй ризосфері більш різноманітний і ефективний пул мікроорганізмів, який регулюється метаболічною активністю кореневої системи рослини.

З використанням методів флуоресцентної *in situ* гібридизації та конфокальної лазерної мікроскопії встановлено, що чисельність інтродукованих бактерій *Mesorhizobium ciceri* та *B. subtilis* (рис. 7) була найбільшою у варіанті із застосуванням колоїдного розчину молібдену, бактерії локалізувалися на коренях як поодинокі клітини або щільні мікроколонії залягаючи у стиках ризодерми кореня.

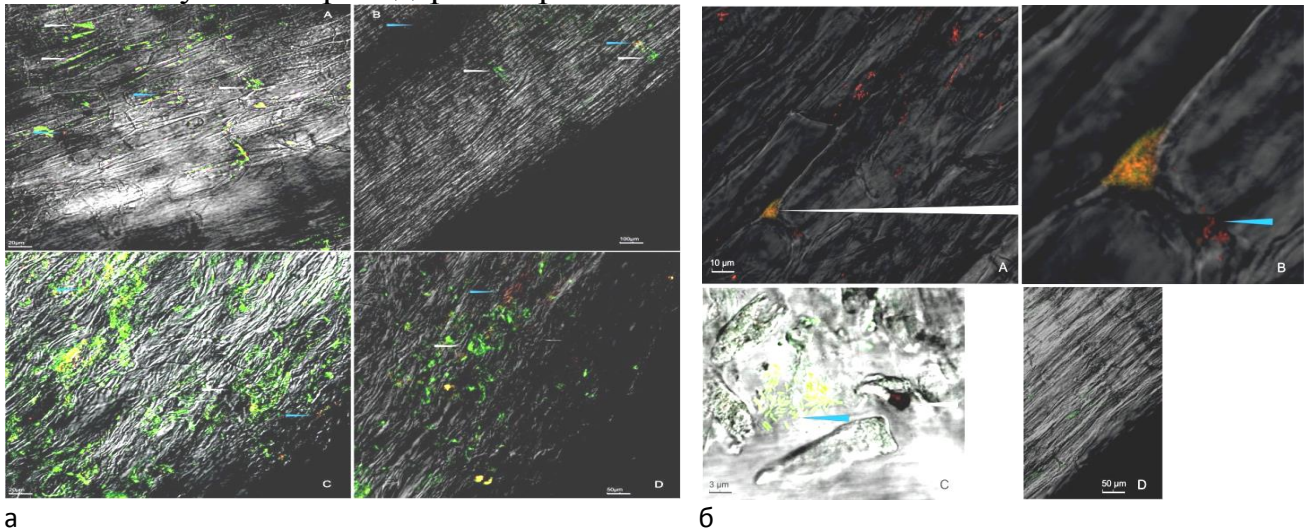


Рис. 7. Локалізація інтродукованих штамів на поверхні коренів нуту за допомоги флуоресцентної гібридизації та конфокальної лазерної мікроскопії, (дослід 5)

а) А, В – варіанти без застосування колоїдного розчину молібдену; С, D – варіанти, де застосовували оброблення насіння колоїдним розчином молібдену. Синім кольором помічено мікроколонії *Mesorhizobium ciceri* (флуоресценція жовтим або червоним), білим кольором позначено мікроколонії *B. subtilis* (флуоресценція – зеленим);

б) А, В – мікроколонії *B. subtilis* (флуоресценція червоним кольором) та *Mesorhizobium ciceri* (флуоресценція жовтим) у стиках клітин ризодерми та на поверхні кореня; С – мікроколонії *B. subtilis* (флуоресценція зеленим кольором) та *Mesorhizobium ciceri* (флуоресценція червоним) D – загальний вид поверхні кореня нуту із інтродукованими бактеріями. Масштабна лінійка 20 та 50 мкм. Збільшення 400X, 200X.

Аналізуючи взаємозв'язок між кореневою ексудацією нуту та оброблянням ризобіями з КРМ, встановлено залежність якісного та кількісного складу метаболітів від досліджуваних чинників, що у свою чергу впливає на кількість та різноманітність мікроорганізмів, у тому числі і ризобіальних, які вступають у симбіоз з рослинами нуту.

#### УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА НУТУ ТА ЙОГО ЯКІСТЬ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ

**Висота кріплення нижнього бобу нуту за передпосівного оброблення насіння.** У середньому за 2012–2014 рр. висота кріплення нижнього бобу була найвищою у варіанті оброблення насіння КРМ + штам ST 282 і становила у сорту Розанна 22,8–25,8 та у сорту Тріумф – 20,8–23,7 см. Висота кріплення нижнього бобу змінювалася залежно від концентрації розчину КРМ.

Встановлено, що із зменшенням концентрації збільшувалася висота кріплення. Оброблення насіння КРМ концентрацією 1:100 висота кріплення нижнього бобу зростає на 0,9–1,0 за рівня показника у контрольному варіанті 19,8–21,9 см залежно від досліджуваного сорту.

**Показники елементів структури врожаю нуту за передпосівного оброблення насіння.** Найдовші боби сформовані у варіанті оброблення насіння КРМ + штам ST 282 у сорту Розанна – 2,6, у сорту Тріумф – 2,4 см (табл. 6). Максимальну кількість бобів з рослини у сорту Розанна отримано за передпосівного оброблення КРМ + штам ST 282 – 26,9, що на 2,3 шт./рослина більше, ніж у варіанті оброблення насіння КРМ, та на 3,0 шт./рослина більше ніж у контрольному варіанті. У сорту Тріумф спостерігали меншу кількість бобів на рослині порівняно із сортом Розанна – 24,1 шт./рослина.

Таблиця 6

**Структура врожаю нуту за передпосівного оброблення насіння,  
середнє за 2012–2014 рр. (дослід 1)**

Сорт	Варіант оброблення насіння	Довжина бобу, см	Кількість бобів, шт./рослині	Кількість зерен, шт./рослині	Маса зерна з рослини, г	Маса 1000 зерен, г
Розанна	Оброблення водою (контроль)	2,2	23,9	24,7	6,76	274,0
	Інокуляція Ризобофіт	2,4	25,5	27,0	7,45	275,6
	Інокуляція штамом ST 282	2,5	25,7	27,7	7,67	276,7
	Оброблення КРМ	2,4	24,6	26,7	7,33	274,3
	Оброблення КРМ + Ризобофіт	2,5	26,6	28,3	7,90	279,1
	Оброблення КРМ + штам ST 282	2,6	26,9	28,6	8,03	280,6
Тріумф	Оброблення водою (контроль)	2,0	21,4	21,9	8,02	366,3
	Інокуляція Ризобофітом	2,2	22,7	23,4	8,66	370,7
	Інокуляція штамом ST 282	2,2	22,9	23,8	8,86	371,9
	Оброблення КРМ	2,1	21,8	22,9	8,48	370,1
	Оброблення КРМ + Ризобофіт	2,3	23,9	24,3	9,05	372,9
	Оброблення КРМ + штам ST 282	2,4	24,1	24,6	9,18	373,8
<i>НІР<sub>05</sub> для фактора сорт</i>		0,3	0,6	0,7	0,11	3,4
<i>НІР<sub>05</sub> для фактора «оброблення насіння»</i>		0,5	1,3	1,2	0,19	5,8

Маса зерна з рослини у сорту Розанна становила на контролі 6,76 г, тоді як у варіанті оброблення КРМ + штам ST 282 – 8,03 г; у сорту Тріумф – відповідно 8,02 і 9,18 г. Найбільшу масу зерна з рослини спостерігали у сорту Тріумф і становила 9,99 г за оброблення насіння КРМ + штам ST 282 (на контролі – 8,52 г). Щодо ефективної концентрації КРМ для оброблення насіння виявлено, що за оброблення насіння концентрацією 1:100 отримано найвищі показники елементів структури врожаю.

**Урожайність зерна нуту за передпосівного оброблення насіння.** Максимальну урожайність зерна нуту 3,46 т/га отримано у сорту Тріумф за передпосівного оброблення насіння КРМ + штам ST 282. У сорту Розанна урожайність зерна за передпосівного оброблення насіння КРМ + штам ST 282 була меншою на 0,34 т/га порівняно з сортом Тріумф. Урожайність зерна нуту



сорту Тріумф за оброблення КРМ отримано 2,95 т/га. У поєднанні оброблення насіння КРМ та інокуляції отримано найвищу урожайність – 3,46 т/га. У формуванні приросту врожайності частка участі фактора «сорт» становила 29,7, фактора «передпосівне оброблення насіння» – 48,5, фактора «погодні умови» – 21,8 % (табл. 7).

Таблиця 7

**Урожайність зерна нуту за передпосівного оброблення насіння,  
2012–2014 рр., т/га (дослід 1)**

Варіант оброблення насіння	Рік			Середнє за 2012–2014 рр.	Приріст врожаю від передпосівного оброблення	
	2012	2013	2014		т/га	%
Сорт Розанна						
К	2,42	2,68	1,82	2,31	–	–
РБ	2,92	3,36	2,05	2,78	0,47	20,4
СТ	3,01	3,50	2,16	2,89	0,58	25,3
КРМ	2,79	3,21	1,98	2,66	0,35	15,3
РБ+ КРМ	3,14	3,65	2,21	3,00	0,69	30,1
СТ+КРМ	3,26	3,75	2,34	3,12	0,81	35,1
Сорт Тріумф						
К	2,75	2,87	2,11	2,58	–	–
РБ	3,28	3,58	2,41	3,09	0,51	19,9
СТ	3,39	3,72	2,51	3,21	0,63	24,5
КРМ	3,14	3,42	2,30	2,95	0,38	14,6
РБ+ КРМ	3,53	3,88	2,62	3,34	0,77	29,8
СТ+КРМ	3,67	4,00	2,72	3,46	0,89	34,4
<i>НІР<sub>05</sub> для фактора: «сорт» – 0,11; «оброблення насіння» – 0,19; «погодні умови» – 0,13</i>						

Найдієвішою концентрацією КРМ була 1:100, за якої у досліджуваних сортів спостерігали підвищення урожайності порівняно з іншими концентраціями. Оброблення насіння КРМ + штам СТ 282 дало змогу підвищити урожайність на 30–35 %.

**Якість зерна нуту.** Найбільш сприятливим для накопичення сирого протеїну у зерні нуту були умови 2013 року. Середній по сортах та варіантах вміст сирого протеїну склав 26,7, найбільший – сорт Тріумф – 27,51 %, тоді як у сорту Розанна він становив – 25,98 %. Найменш сприятливим для формування бульбочок, а відтак і накопичення сирого протеїну був 2014 рік, середній вміст протеїну в якому склав 23,62 % у сорту Тріумф – 24,19 %, у сорту Розанна – 23,04 %.

Передпосівне оброблення насіння також мало вплив на вміст сирого протеїну у зерні нуту. Залежність вмісту протеїну від передпосівного оброблення була наступною: за застосування інокуляції Ризобофітом вміст сирого протеїну підвищувався на 1,8 % у порівнянні із контрольним варіантом: за застосування інокуляції штамом СТ 282 – на 3,1 %, за оброблення КРМ – 2,7 %, сумісне застосування інокулянтів та КРМ дозволило підвищити вміст сирого протеїну в зерні нуту на 11,7–12,1 % в порівнянні із контролем. Дещо вищий вміст протеїну відмічено у сорту Тріумф порівняно із сортом Розанна.

Динаміка формування даного показника була аналогічною до попереднього сорту як за факторами, що були поставлені на вивчення, так і за погодними умовами звітних років.

Передпосівне оброблення насіння бульбочковими бактеріями та КРМ сприяло збільшенню вмісту незамінних амінокислот. У сорту Розанна на 9,2–50 %, у сорту Триумф на 6,7–85,7 %, відносно контролю (табл. 8).

Таблиця 8

**Вміст сирого протеїну та незамінних амінокислот в зерні нуту залежно від сорту та передпосівної обробки насіння, середнє за 2012–2014 рр.**

Варіант оброблення насіння	Вміст сирого протеїну у зерні, %	Вміст незамінних амінокислот, г/100 г білка								
		лізин	треонін	арганін	ізолейцин	валін	метіонін	триптофан	фенілаланін	гістидин
<b>Сорт Розанна</b>										
К	23,9	5,8	3,2	6,5	5,4	3,5	1,0	0,6	4,5	1,8
РБ	24,9	6,2	3,5	6,9	6,0	4,3	1,3	0,8	5,4	1,9
СТ	25,1	6,3	3,6	6,9	6,1	4,4	1,3	0,8	5,5	1,9
КРМ	24,5	5,9	3,4	6,4	5,8	4,2	1,2	0,8	4,6	1,8
РБ+ КРМ	25,6	6,7	3,8	7,1	6,5	4,3	1,3	0,9	5,5	2,1
СТ+КРМ	26,1	6,6	3,8	7,0	6,2	4,3	1,3	0,9	5,5	2,0
<b>Сорт Триумф</b>										
К	25,6	5,6	3,1	6,3	5,9	3,2	1,2	0,7	4,3	1,6
РБ	26,4	6,3	3,5	6,5	6,3	3,9	1,5	0,9	4,8	1,9
СТ	26,3	6,4	3,6	6,6	6,4	3,9	1,6	0,9	4,9	1,9
КРМ	25,8	5,8	3,2	6,4	6,0	3,5	1,3	0,8	4,3	1,8
РБ+ КРМ	27,3	6,6	3,8	6,8	6,3	4,2	1,5	1,3	5,3	2,1
СТ+КРМ	26,9	6,5	3,7	6,8	6,3	4,1	1,5	1,2	5,0	1,9
НІР <sub>05</sub> А	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1
НІР <sub>05</sub> В	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2

Слід зазначити що найбільше зростав вміст триптофану, на 50–85,7 % залежно від сорту.

**ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ  
ВИРОЩУВАННЯ НУТУ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОГО  
ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ**

Управління формуванням продуктивності нуту через застосування передпосівної обробки насіння забезпечує підвищення економічної ефективності вирощування культури. Загальні технологічні витрати на вирощування нуту, залежно від рівня її насичення, складають 7,1–8,8 тис. грн/га, за чистого прибутку 9,1–15,4 тис. грн/га.

Енергетичні витрати на вирощування нуту становлять 19,8–23,2 тис., за виходу 40,9–61,2 тис. МДж/га енергії та коефіцієнта енергетичної ефективності від 2,07 до 2,64 залежно від сорту та передпосівного оброблення насіння.

## ВИСНОВКИ

1. Обробляння насіння бульбочковими бактеріями та розчином молібдену є ефективним прийомом щодо підвищення схожості насіння нуту шляхом активації окисно-відновних процесів у насінні. Підвищення активності пероксидази у 1,8–2,0 рази сприяє зниженню стресу насінини та активізації проростання. Даний варіант обробляння забезпечив підвищення схожості насіння нуту до 96 та 99 % відповідно. Застосування передпосівного обробляння лише бульбочковими бактеріями або колоїдним розчином молібдену забезпечило менший відсоток схожих насінин, який становив 85–91 %.

2. Виживання рослин нуту під час вегетації суттєво залежить від погодних умов вирощування та передпосівного обробляння насіння. Інокуляція насіння та його обробка колоїдним розчином молібдену сприяє підвищенню стійкості рослин до стресів та виживаності рослин у період вегетації культури на 6,5–10,5 %, застосування інокуляції без колоїдного розчину молібдену лише на 1,9–2,5 %. Вплив концентрації колоїдного розчину молібдену на виживаність рослин був незначний.

3. Тривалість вегетаційного періоду суттєво залежала від погодних умов вегетаційного року та особливостей сорту. Найкоротшим він був у 2012 році у сорту Розанна – 90 діб; Тріумф – 89 діб. Період вегетації подовжувався за недостатньої кількості вологи у ґрунті на початку вегетації та тривалих дощів у період дозрівання, за відносно низьких температур повітря. На тривалість фенологічних фаз різні концентрації колоїдного розчину суттєвого впливу не мали.

4. Передпосівна інокуляція насіння та обробляння композицією молібдену та інокулянту обумовлювало зміну формотворчих процесів рослин нуту – збільшення вегетативної маси рослин на 15–20 %; зростання фотосинтетичного потенціалу посівів на 24,3–28,2 % порівняно з контролем. Накопичення сухої речовини зростало до 45 %. збільшенню площі листової поверхні рослин на 15–18 %, у варіантах із застосуванням штаму ST 282 сумісно із колоїдним розчином молібдену – на 20 % порівняно з контролем. Висота рослин та вміст хлорофілу в листках у сорту Розанна є більшою, порівняно з сортом Тріумф. Площа листової поверхні рослин, фотосинтетичний потенціал посівів, чиста продуктивність фотосинтезу рослин були більшими у сорту Тріумф. Найбільші значення фотосинтетичного потенціалу були у рослин, де застосовували спільне обробляння бульбочковими бактеріями та колоїдним розчином молібдену з показником, що був більший на 47,1 % у сорту Розанна та 43,2 % – у сорту Тріумф. Штам бульбочкових бактерій та концентрація колоїдного розчину значного впливу не мала.

5. Підвищення стійкості рослин до стресових чинників індукується через активацію ферментів антиоксидантного захисту. За обробляння насіння колоїдним розчином молібдену та інокулянтами, активність супероксидисмутази в рослинах зростала на 85–100 % відносно активності в рослинах контрольних варіантів. Максимальне підвищення активності

пероксидази у рослин нуту спостерігали у сорту Тріумф за оброблення насіння композиційною сумішшю молібден та інокулянтів - 6,187 ммоль/мг білка, що в три рази перевищує активність ферменту в контролі. Лише активність каталази була нижчою ніж у рослинах контрольного варіанта на 15–40 %, проте рослини із низькою активністю каталази не були чутливими до дії стресу.

6. Ефективність бобово-ризобіального симбіозу залежить від кількості та вірулентності симбіотичних бактерій, завдяки яким відбувається фіксація азоту повітря. Оброблення насіння штамами мікроорганізмів забезпечує підвищення кількісного та якісного зростання ефективності функціонування бобово-ризобіального симбіозу. За оброблення насіння композиційною сумішшю *M. Ciceri* та розчином молібдену спостерігається синергетичне зростання різноманітності мікроорганізмів ризосфери нуту, збільшення чисельності симбіотичних та асоціативних азотфіксаторів, активізація природного пулу мікробіома ґрунтів, що складає порядок *Rhizobiales*, застосування колоїдного розчину молібдену без проведення інокуляції насіння також впливає на кількість та різноманіття бульбочкових бактерій у ґрунті.

7. Кількість, маса бульбочок та симбіотична активність рослин нуту змінювались залежно від погодних умов. У фазі цвітіння культури ефект від одночасного оброблення насіння інокулянтами та молібденом був найбільш помітним – кількість бульбочок була більша на 50–150 % порівняно з контролем, за застосування інокуляції штамом ST 282 даний показник був більшим на 8–9 %.

8. Алелопатична взаємодія рослин в сівозмінах має надзвичайно важливе значення для росту та розвитку всіх компонентів агроценозу. Склад органічних компонентів кореневих метаболітів нуту – цукри, органічні кислоти та амінокислоти змінюється залежно від препарату, композиції препаратів, які застосовувались для оброблення насіння. У складі кореневих виділень нуту домінуючими компонентами є янтарна та яблучна кислота. Активація біосинтезу янтарної та яблучної кислот є механізмом неспецифічної реакції рослин на інокуляцію мікроорганізмами.

9. Висота кріплення на рослині нижнього бобу є сортовою ознакою нуту і зміни, які відбуваються за впливу зовнішніх чинників знаходяться в генетично детермінованих межах. Висота кріплення нижнього бобу на рослинах сорту Розанна складає - 22,8–25,8 см; Тріумф – 20,9–23,7 см.

10. Максимальну кількість бобів з рослини було отримано у 2013 році – 32,5 шт./рослині у сорту Розанна та 26,4 шт./рослині у сорту Тріумф за передпосівного оброблення колоїдним розчином молібдену та штамом ST 282. На даному варіанті було відмічено найбільшу масу зерна, яка становила 9,99 г.

11. Урожайність сортів нуту змінювалась від 1,82 до 4,00 т/га залежно від передпосівного оброблення насіння. За оброблення насіння лише молібденом, урожайність підвищувалась на 15,3 та 14,6 % за урожайності в контрольному варіанті – 2,31 та 2,58 т/га відповідно для сорту Розанна та Тріумф; чистими інокулянтами на 19,9–25,3 %, За оброблення композицією молібдену та штаму ST 282 урожайність підвищувалась на 34,4–35,1 %. Більш продуктивним та стабільним за врожайністю є сорт Тріумф.

12. Передпосівне оброблення насіння також мало вплив на вміст сирого протеїну та незамінних амінокислот у зерні нуту. Інокуляція насіння Ризобофітом сприяла збільшенню вмісту сирого протеїну на 1,8 %; штамом ST 282 – на 3,1 %, молібденом – 2,7 %, сумісне застосування інокулянтів та молібдену дозволило підвищити вміст сирого протеїну в зерні нуту на 11,7–12,1 % порівняно з контролем. Слід зазначити, що передпосівне оброблення ризобіями та молібденом дозволило підвищити вміст триптофану в зерні нуту – на 50–87 % відносно контролю.

13. Управління оптимізацією формування продуктивністю нуту через застосування передпосівного оброблення насіння забезпечує підвищення економічної ефективності вирощування культури. Чистий прибуток різнився ще більшою мірою – від 9,1 до 15,4 тис. грн./га. Найвищі прибутки було отримано за вирощування сорту Тріумф 15 434 грн./га.

14. Енергетичні витрати на вирощування нуту становлять 19,8–23,2 тис., за виходу 43,3–61,2 тис. МДж/га. Найбільший вихід енергії отримано за вирощування сорту Тріумф за передпосівного оброблення насіння КРМ + штамом ST 282. Застосування передпосівного оброблення насіння в технологіях вирощування нуту сприяє збільшенню виходу енергії з урожаєм, зменшенню енерговитрат на виробництво зерна, підвищенню коефіцієнта енергетичної ефективності технологій та основних економічних показників технологій вирощування. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування нуту становить 2,19–2,64.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України для отримання високих та сталих врожаїв нуту на рівні 3,0–3,5 т/га та вмістом білка в насінні понад 25 % необхідно впроваджувати у виробництво високотехнологічні сорти, одним з яких є сорт Тріумф. Рекомендується проводити передпосівне оброблення насіння бактеріальними препаратами або сумішшю бактеріальних препаратів та молібдену, які дають можливість підвищити врожайність на 25–30 % та отримати екологічно чисту продукцію.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

1. Каленська С. М. Асиміляційна діяльність посівів нуту залежно від сортових особливостей та передпосівної обробки насіння / С. М. Каленська, **О. М. Щербакова**, Л. М. Гончар // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агронія і біологія». – 2014. – Вип. 9 (28). – С. 110–113. (Здобувач провела експериментальні дослідження та підготувала матеріал до друку).

2. Щербакова О. М. Фотосинтетична продуктивність посівів нуту залежно від сортових особливостей та передпосівної обробки насіння / **О. М. Щербакова**, Л. М. Гончар // Вісник Харківського національного

аграрного університету. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво». – 2014 – № 1 – С. 68–73. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

*Статті у наукових виданнях інших держав:*

3. Obtaining of metallic nano particles by plasma–erosion electrical discharges in liquid mediums for biological application / [Lopatko K. G., Melnichuk M. D., Aftandilyants Y. G., **Gonchar E. N. (Shcherbakova O. N.)**, Boretskij V. F., Veklich A. N., Zakharchenko S. N., Tugay T. I., Tugay A. V., Trach V. V.] / Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW/Agriculture(Agricultural and Forest Engineering) – № 61, 2013. – P. 97–105. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

4. Повышение эффективности микробно–растительного симбиоза путем создания композиционных биопрепаратов с использованием наночастиц биогенных металлов / [**Гончар Е. Н. (Щербакова Е. Н.)**, Щербаков А. В., Лопатько К. Г., Гончар Л. Н., Чеботарь В. К., Каленская С. М.] // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 12. – С. 30–34. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

5. Аэробное целлюлозолитическое сообщество ассоциантов сфагнового мха Sphagnum fallax как основа в процессах деструкции пожнивных остатков / [Щербаков А. В., Русакова И. В., Орлова О. В., Воробьев Н. И., Свиридова О. В., **Щербакова Е. Н.**, Чеботарь В. К.] // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 1. – С. 54–62. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

6. The effect of colloidal solution of molybdenum nanoparticles on the microbial composition in rhizosphere of Cicer arietinum L. / [Taran N. Y., **Gonchar O. M. (Shcherbakova O. N.)**, Lopatko K. G., Batsmanova L. M., Patyka M. V., Volkogon M. V.] // Nanoscale Research Letters Springer Open Journal, 2014 – 9: 289 – doi:10.1186/1556–276X–9–289 – The access mode: <http://www.nanoscalereslett.com/content/9/1/289> *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

*Статті в інших виданнях:*

7. Дослідження структури і біологічної активності водних розчинів наночастинок металів. / [Олішевський В. В., Лопатько К. Г., Дашковський Ю. О., Афтанділянц Є. Г., Маринін А. І., Захарченко С. М., Білера Н. М., Ткаченко С. В., **Гончар О. М. (Щербакова О. М.)**, Житнецький І. В.] / Ukrainica Bioorganica Acta 2 (2011) 29–37, 25.11.13 – Режим доступу: [www.bioorganica.org.ua](http://www.bioorganica.org.ua) *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

8. Вивчення бактерицидної дії колоїдних частинок срібла, отриманих електроіскровим методом / [Лопатько К. Г., Афтанділянц Є. Г.,

Мирончук В. Г., Олішевський В. В., Маринін А. І., **Гончар О. М. (Щербакова О. М.)**] // Одеська національна академія харчових технологій. Наукові праці – Вип. 43., Т. 2. – 2013. – С. 151–154. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

9. Гончар Л. Н. Нут – перспективи вирощування в Лесостепі України / Л. Н. Гончар, **Е. Н. Щербакова** // Журнал «Науковий огляд» – Київ, 2014 – Т. 7 – № 8 – С. 25–30. *(Здобувач провела аналіз літературних джерел та узагальнила їх, підготувала матеріал до друку).*

*Тези доповідей на наукових конференціях:*

10. Дослідження біологічної активності препаратів наночастинок металів / **Гончар О. М. (Щербакова О. М.)**, Тугай Т. І., Тугай А. В., Лопатько К. Г., Афтанділянц Є. Г., Патика М. В.] // Зб. наук. праць: Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології: IX з'їзду Українського товариства генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова (24–28 вересня 2012) – Алушта – Т. 4, 2012 – С. 456–461. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

11. Дослідження впливу нанорозчинів металів на рослини та фітопатогенні гриби / [Тугай Т. І., Лопатько К. Г., Тугай А. В., **Гончар О. М. (Щербакова О. М.)**, Афтанділянц Є. Г.] // Microbial biotechnology: topicality and future (19th – 22th november 2012) – Kiev, 2012 – С. 16–17. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

12. Влияние нанорастворов металлов на культурально–морфологические и хозяйственно–ценные свойства *Bacillus subtilis* Ч13 продуцента биопрепарата / [Щербаков А. В., **Гончар Е. Н. (Щербакова О. Н.)**, Заплаткин А. Н., Лопатько К. Г., Чеботарь В. К.] // «Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке»: материалы международной научной конференции посвященной 150–летию со дня рождения члена–корреспондента АН СССР, профессора Артура Артуровича Ячевского / Национальная академия микологии, БГС, Дизайн–студия «Дозор»–СПб.: ООО «Копи–Р Групп» – 2013. – С. 302–304. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

13. Peculiarities of metal nanoparticles generation by underwater discharges for biological applications / [Cressault Y., Teulet Ph., Gleizes A., Lopatko K., Melnichuk M., Aftandilyants Y., **Gonchar E. (Shcherbakova O.)**, Boretskij V., Veklich A.] // XXXI–International conference of phenomena in ionized gases. Spain. 2013. – The access mode: <http://www.icpig2013.net/buscador/index.html> *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

14. Plasmatechnologiesinmodificationoftextilematerialsbycolloids ofmetals. / [Lopatko K., Melnichuk M., Aftandilyants Y., **Gonchar E. (Shcherbakova O.)**, Boretskij V., Veklich A., Vlasenko V., Tugay A., Trach V.] // XXth Symposium on Physics of Switching Arc, Brno, September 2–6, 2013, Czech Republic – P. 241–244.

*(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

15. Вплив нанопрепаратів металів на каталазну активність фітопатогенних грибів та оцінка їх токсичності / [Тугай Т. І., Лопатько К. Г., Тугай А. В., Афтанділянц Є. Г., **Гончар О. М. (Щербакова О. М.)**] // тези доповідей: XIII з'їзд товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського, (1–6 жовтня 2013) – Ялта, 2013 – С. 427. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

16. Gonchar O. M. Effect of molybdenum nanoparticles colloidal solution on microbial composition of rhizosphere of chickpea plants (*Cicer arietinum* L.) and symbiotic systems formation / **O. M. Gonchar (O. N. Shcherbakova)**, M. V. Volkogon, N. Yu. Taran // Book of abstracts: Conference “Nanotechnology and nanomaterials” (NANO – 2013) (25 August – 1 September 2013) – Bukovel, 2013 – P. 60, 387. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

#### *Патент*

17. Пат. № 87042. Бюл. № 2 від 27.01.2014р. Застосування колоїдного розчину наночасток молібдену як засобу регуляції утворення бульбочок на корінні рослин нуту (*Cicer arietinum* L.). // [Таран Н. Ю., **Гончар О. М. (Щербакова О. М.)**, Лопатько К. Г., Бацманова Л. М., Патика М. В., Волкогон М. В.] винахідник і власник патенту Київський національний університет імені Тараса Шевченка № и 2013 05999 заявка 14.05.2013. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала розробку патенту).*

#### *Рекомендації*

18. Наукове обґрунтування технології виробництва продукції зернобобових культур / [Каленська С. М., Нідзельський В. А., Юник А. В., Каленський В. П., Новицька Н. В., Гончар Л. М., **Щербакова О. М.**, Джемесюк О. В., Пилипенко В. С.] – К.: «ЦП «КОМПРИНГ», 2014. – 52 с. *(Здобувач провела експериментальні дослідження та узагальнила результати, підготувала матеріал до друку).*

### **АНОТАЦІЯ**

**Щербакова О. М. Продуктивність нуту та активність бобово-ризобіальної системи рослин за передпосівної обробки насіння в Правобережному Лісостепу України. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – рослинництво. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2015.

Дисертацію присвячено питанням удосконалення технології вирощування, агробіологічним основам формування врожаю нуту у



Правобережному Лісостепу України. Уперше для умов Правобережного Лісостепу України встановлено продуктивний потенціал нуту, виявлено особливості формування його врожайності та якості насіння на чорноземі типовому залежно від біопрепаратів бульбочкових бактерій та колоїдного розчину молібдену, та визначено ефективність рослинно-бактеріальних систем. Проведено оцінку індивідуальної продуктивності рослин нуту та співвідношення структурних елементів. Встановлено особливості формування якості зерна досліджуваних сортів нуту залежно від передпосівного оброблення насіння. Визначено вміст незамінних амінокислот та сирого протеїну у зерні нуту. Проведено розрахунки економічної та енергетичної ефективності технології вирощування нуту у Правобережному Лісостепу України. Уперше в Україні створено композиційні біопрепарати на основі вискоефективного штаму бульбочкових бактерій та мікроелементів у формі колоїдного розчину біогенних металів.

Визначено оптимальні параметри та закономірність формування елементів структури врожаю нуту залежно від технології вирощування: загальне виживання, густина рослин, кількість бобів, довжина бобу, кількість зерен на рослині, маса 1000 зерен. Встановлено взаємозв'язок між елементами структури врожаю та шляхи регулювання їх параметрів за допомогою елементів технології.

**Ключові слова:** нут, сорт, бобово-ризобіальна система, технологія вирощування, передпосівне оброблення насіння, структура врожаю, продуктивність, якість зерна.

## АННОТАЦІЯ

**Щербакова Е. Н. Продуктивность нута и активность бобово-ризобияльной системы растений с предпосевной обработкой семян в Правобережной Лесостепи Украины. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 – растениеводство. - Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2015.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования технологии выращивания, изучению агробиологических основ формирования урожая нута в Правобережной Лесостепи Украины. Впервые для условий Правобережной Лесостепи Украины установлен продуктивный потенциал нута, выявлены особенности формирования его урожайности и качества семян на черноземе типичном в зависимости от вариантов обработки биопрепаратами клубеньковых бактерий и коллоидными растворами молибдена. Определена эффективность растительно-бактериальных систем в зависимости от вариантов обработки биопрепаратами клубеньковых бактерий и коллоидными растворами молибдена. Проведена оценка индивидуальной продуктивности растений нута и соотношение структурных элементов.

Проведены исследования лабораторной всхожести семян нута сортов Розанна и Триумф. Установлено, что самый высокий процент выживаемости растений отмечено в варианте с предпосевной обработки семян КРМ + штамм ST 282. Период вегетации продлевался при недостаточном количестве влаги в почве – в начале вегетации и продолжительных дождей – в период созревания, при умеренно низких температурах воздуха. Результаты измерений показывают, что в вариантах, где проводили обработку семян, наблюдали увеличение высоты растений в течение вегетации, которая достигла максимального значения в фазе полной спелости.

Определено влияние предпосевной обработки на сходы и биохимические особенности прорастания семян нута. Выявлены морфофизиологические особенности формирования и реализации генетического потенциала продуктивности сортов нута в зависимости от применения предпосевной обработки семян инокулянтами и коллоидными растворами молибдена. Установлено влияние вариантов предпосевной обработки семян нута на формирование фотосинтетического и симбиотического аппарата растений. Определена эффективность применения вариантов предпосевной обработки семян на состав микроорганизмов корневой зоны растений, как интегрального показателя образования симбиоза. Выявлена устойчивость растений нута в гидротермических условиях путем изучения функционирования про- и антиоксидантной системы растений при проведении предпосевной обработки семян.

Исследования таксономического состава ризосферных микроорганизмов свидетельствуют о том, что внесение Мо в форме коллоидных наночастиц совместно с интродукцией клубеньковых бактерий, позволяет повысить генетическое разнообразие микроорганизмов ризосферы нута, увеличить численность симбиотических и ассоциативных азотфиксаторов, активизировать естественный пул микробиома почв, составляющий порядок *Rhizobiales*. Не следует также исключать и косвенного воздействия молибдена на ризосферные микроорганизмы через растение-хозяина. Так, при более благоприятном физиологическом статусе, с высокой активностью азотфиксации, возможно, растение создает в своей ризосфере более разнообразный и эффективный пул микроорганизмов, который регулируется в том числе метаболической активностью корневой системы растения.

Установлены особенности формирования качественных показателей зерна изучаемых сортов нута в зависимости от предпосевной обработки семян. Определено содержание незаменимых аминокислот, сырого протеина в семенах нута. Проведены расчеты экономической и энергетической эффективности технологии выращивания нута в Правобережной Лесостепи Украины. Впервые в Украине созданы композиционные биопрепараты на основе высокоэффективных штаммов ризосферных и эндофитных бактерий с включением микроэлементов в форме коллоидного раствора биогенных металлов.

Определены оптимальные параметры и закономерность формирования элементов структуры урожайности нута в зависимости от технологии

выращивания: общая выживаемость, густота растений, количество бобов, длина боба, количество зерен на растении, масса 1000 зерен. Установлена взаимосвязь между элементами структуры урожая и путями регулирования элементов технологии.

Определено влияние элементов технологии выращивания растений нута на морфофизиологические и биохимические процессы формирования продуктивности растений. Установлено зависимость качественных показателей зерна нута от предпосевной обработки. Применен комплексный анализ растительно-микробных взаимодействий для оценки эффективности предложенных элементов технологии выращивания нута. Определена экономическая и биоэнергетическая эффективность технологии выращивания сортов нута с использованием предпосевной обработки семян.

**Ключевые слова:** нут, сорт, бобово-ризобиальная система, технология выращивания, предпосевная обработка семян, структура урожая, продуктивность, качество зерна.

## SUMMARY

**Shcherbakova E. M. Chickpea productivity and activity of their legume-*Rhizobium* system depending on pre-seeding treatment on Right-bank Forest Steppe of Ukraine. – Manuscript.**

Thesis submitted for the degree of Candidate of agricultural sciences, specialization – 06.01.09 – Plant science. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2015.

Dissertation is devoted to improving of cultivation technology and to studying the agrobiological foundations of chickpea on the Right-bank Forest Steppe of Ukraine. For the first time the chickpea productive potential was studied in conditions of Right Bank Forest Steppe of Ukraine, the features of formation of yield and seed quality was established for typical chernozem and depending on the biopreparation of nodule bacteria and colloidal solution of molybdenum pre-treatment. Efficiency of the plant-bacterial systems based on the variants of treatments by nodule bacteria and colloidal solution of molybdenum. The plant productivity of chickpea and composition of yield structure elements was measured. The features of formation of chickpea grain quality was studied depending on the pre-treatment of seeds. The content of essential fatty acids and protein in the seeds was determined. The economic and energy efficiency technology of chickpea cultivation on the Right Bank Forest Steppe of Ukraine was calculated. For the first time in Ukraine the compositions of biopreparation based on the high-efficient strains of endophytic and rhizospheric bacteria and microelements in the form of the colloidal solution of biogenic metals was created. The optimum parameters of formation and structure elements of chickpea yield was determined. The relation between structure elements yield and ways of adjusting their parameters was established.

**Key words:** chickpea, variety, legume-*Rhizobium* system, cultivation technology, pre-treatment of seeds, yield structure, productivity, grain quality.

Підписано до друку 04.09.2015 р. Формат 60×90/16. Папір офсетний.  
Ум. друк арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 0,9. Наклад 130 пр. Зам. 99.

Видання та друк – Національний науковий центр «Інститут аграрної  
економіки»  
03127, м. Київ-127, вул. Героїв Оборони, 10.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2065 від 18.01.2005 р.