

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Каленська С. М., Новицька Н. В

РІЗНОЯКІСНІСТЬ НАСІННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР МОНОГРАФІЯ



Київ 2023

УДК: 001:006.015.5:631.576.3:633(477.4)

РІЗНЯКІСНІСТЬ НАСІННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР. Монографія.

Видання 2-ге, доповнене. Каленська С. М., Новицька Н. В. К., ЦК

«Компринт». 2023. 244 с.

Рецензенти:

Рахметов Д. Б., заступник директора з наукової роботи Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН, доктор сільськогосподарських наук, професор

Ковалишина Г. М., професор кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М. О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування МОН України, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Присяжнюк О. І., завідувач лабораторії математичного моделювання та інформаційних технологій Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

В монографії висвітлено аналіз наукових публікацій та результати власних наукових досліджень мінливості посівних і врожайних властивостей насіння польових культур залежно від біотичних та абіотичних чинників росту та розвитку материнських рослин, умов вирощування, збирання та зберігання. Зокрема висвітлено передумови та технологічні рішення формування насіння сільськогосподарських культур з високими посівними і врожайними властивостями залежно від видових особливостей, погодних умов, умов живлення, застосування нанопрепаратів, стимуляторів росту, рістрегулюючих речовин в технологіях вирощування материнських рослин та їх прояв у післядії. Обґрунтовано чинники, які обумовлюють різноякісність, довговічність, травмування насіння.

Монографія написана за матеріалами дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук Новицької Н. В. на тему «Наукові основи формування продуктивності культур та якості насіння в Правобережному Лісостепу України».

ЗМІСТ

	С.
Вступ	4
Розділ 1. Насіння як основа технології вирощування	6
Розділ 2. Ринок насіння та правове регулювання в галузі насінництва	11
3. Різноманітність насіння сільськогосподарських культур	22
3.1 Матрикальна різноманітність насіння зернових колосових, зернових бобових та олійних культур	25
3.2 Трофічна різноманітність насіння окремих культур	40
Розділ 4. Травмування насіння та шляхи зниження негативного впливу травм	54
4.1 Вплив травмування насіння пшениці твердої ярої та сої на посівні якості, врожайність та довговічність	57
4.2 Інтенсивність дихання травмованого насіння зернових злакових та зернобобових культур при зберіганні.	72
4.3 Шляхи зниження негативного впливу травмування насіння зернових злакових та зернобобових культур	82
Розділ 5. Довговічність насіння залежно від умов зберігання	91
5.1 Довговічність насіння озимих зернових культур залежно від видових особливостей, умов вирощування, збирання та зберігання	101
5.2 Господарська довговічність насіння пшениці ярої залежно від умов зберігання	109
5.3 Довговічність насіння сої залежно від умов зберігання.	112
5.4 Довговічність насіння нуту при зберіганні в неконтрольованих умовах	117
Розділ 6. Підвищення якості насіння окремих культур при вирощуванні та збиранні	122
6.1 Стимуляція проростання насіння бобових культур	122
6.2 Активізація росту та розвитку насіння буряку цукрового	126

6.3 Оптимізація строків збирання насіння ріпаку ярого	150
7. Глобальні проблеми людства та шляхи їх вирішення	158
7.1 Стан та перспективи виробництва сої в світі та в Україні	167
7.2 Нанотехнології в рослинництві	184
Заключення	192
Перелік використаної літератури	162
Додатки	199

ВСТУП

Сучасні тенденції світового сільськогосподарського виробництва спрямовані на екологізацію технологій вирощування рослинної продукції. Враховуючи нагальну необхідність переорієнтації сільського господарства нашої держави на стандарти Європейського ринку, ведеться всебічна розробка та впровадження в практику парадигми біологізації інтенсифікаційних процесів в рослинництві. Зацікавленість до формування екологічно збалансованих агроценозів та підвищення адаптивного потенціалу агрокультур в існуючих системах сільськогосподарського виробництва за останні роки значно зросла. У рамках глобальної теорії органічного землеробства, створювані агроєкосистеми повинні бути не лише високопродуктивними, але й екологічно стійкими, володіти здатністю перепрограмувати онтогенетичні процеси рослин відповідно до різких коливань погодних умов та дії антропогенних чинників для отримання екологічно чистої продукції. Системне дослідження реакцій-відповідей рослин в модифікованих умовах довкілля, тобто за умов зміни кліматичних чинників, трансформації з превалюванням деградаційних процесів ґрунтових та водних систем, забруднення їх різноманітними поллютантами, свідчить про доцільність використання елементів мінерального живлення для оптимізації адаптивних стратегій агрокультур та забезпечення сталості їх продукційних параметрів.

Насіння – носії біологічних і господарських властивостей рослин, тому від їх якостей великою мірою залежить величина та якість урожаю. Сортовими (спадковими) якостями насіння розуміють їх приналежність до конкретного сорту, сортову чистоту, репродукцію, типовість (для перехреснозапильних), що визначаються за результатами польової апробації. Посіви, визнані сортовими, належать до певної категорії сортової чистоти. Так, у самозапильних зернових та зернових бобових культур до першої категорії належать сорти, що мають сортову чистоту не нижче 99,5 %, до

другої – 98 та до третьої – 95 %. У перехреснозапильних культур (жита, гречки) категорію сортової чистоти встановлюють за репродукцією насіння .

Базовою основою технологій вирощування сільськогосподарських культур є якісне насіння – носій генетичної інформації, запорука збереження біорізноманіття планети, продовольчої, енергетичної безпеки людства, господарської та економічної ефективності вирощування культур, експортно-та імпортоорієнтований товар зі значною часткою в світовому ринку.

У виробничих умовах одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур можливе лише при посіві насіння районованих, найбільш цінних сортів та гібридів. З часом виведені сорти та гібриди погіршуються. Це відбувається через механічне або біологічне засмічення, низький рівень агротехніки і т. д. Тому старі сорти і гібриди на підставі результатів державного випробування через деякий час знімають з районування, і в господарствах проводять сортозаміну, тобто заміну колишніх сортів знову районованими, більш продуктивними, кращими за якістю продукції або стійкості до хвороб та шкідників. Виробничий і науковий досвід показує, що посів кращих, пристосованих до місцевих ґрунтово-кліматичних умов сортів різних культур дає збільшення врожаю в порівнянні з посівами несортним насінням м 15-20, а в деяких випадках – 20-30 % і більше.

Отримання якісного насіння – тривалий і складний процес, який передбачає цілий комплекс заходів. Якість насіння формується ще в полі і на цьому етапі залежить від екологічних і агротехнічних умов. Екологічні умови вирощування сільськогосподарських культур включають забезпеченість світлом, вологою, температурний режим. Агротехнічні умови – це дотримання технології вирощування культури, прийнятої для даної зони. Актуальною проблемою для виробництва та науки є формування та збереження цінних властивостей насіння за використання класичних та інноваційних елементів технологій виробництва та зберігання.

РОЗДІЛ І. НАСІННЯ ЯК ОСНОВА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Використання високоякісного посівного (насіннєвого) матеріалу та високопродуктивних сортових ресурсів належить до основних факторів інтенсифікації виробництва польових культур (Ламан та ін., 1987; Пыхтин та ін., 2000; Лихочвор, 2004; Мельник, 2007; Лихочвор та ін., 2010; Бабич & Венедіктов, 2014). На думку ряду вчених, насіння є носієм біологічного та генетичного різноманіття й має велике значення для збереження рослинних генетичних ресурсів (Жученко, 1988; Діхтяр, 2007; Каленська та ін., 2010; Силенко та ін., 2013; ФАО, 2015). Воно є предметом інтелектуальної власності та товаром при реалізації рослинних матеріалів. Достатнє, якісне та швидке розмноження насіння і садивного матеріалу та його пропозиції на ринку дозволяють фермерам і сільськогосподарським підприємствам постійно використовувати переваги нових сортів: підвищену потенційну продуктивність, високу стабільність та пластичність, стійкість до хвороб, шкідників, стресових факторів, споживчі та технологічні властивості (Лещук & Рудник, 2002; Андрющенко & Кривицький, 2005; Каленська та ін., 2010; Золотарєв та ін., 2012).

насіння є основою технології вирощування. Від нього залежать величина і якість майбутнього врожаю. І саме насіння обумовлює зміну в технологіях насінництва (зокрема у буряківництві). А його вартість впливає як на економіку окремого господарства, так і на економіку галузі в цілому. Щодо якості, то вона сприяє зниженню витрат та економії ресурсів, від неї залежить захист рослини і екологія в цілому (Киндрук та ін., 1990; Пеньчуков та ін., 1993; Гизбуллин & Мацебера, 1986; Новицкая, 2009; Доронін, 2007; Ларионов та ін., 2009; Малых & Заулаков, 2011; Доронін & Карпук, 2012).

Сівба високоякісним, обробленим захисно-стимулюючими речовинами насіння м зменшує пестицидні навантаження на довкілля та затрати ручної праці, сприяє зниженню витрат на формування густоти посівів і захист рослин (Судденко & Каленська, 2015). Водночас у ринкових умовах розвитку

агропромислового комплексу, з огляду на різке скорочення внесення мінеральних і органічних добрив та засобів захисту рослин, сортові ресурси та високоякісний посівний матеріал мають бути основним засобом отримання стабільно високих урожаїв та вагомим фактором впливу на розширення процесу агровиробництва (Кавунець, 1999; Шпаар та ін., 2001; Гриник, 2001; Малых & Заулаков, 2011; Бабич & Венедіктов, 2014; Каленська, 2008).

Рівень врожайності будь-якої культури залежить як від зовнішніх факторів розвитку рослини, так і від якості самого насіннєвого матеріалу, тобто від насіння. За низького рівня виживання рослин до збирання урожаю структура посіву складається стихійно (Лихочвор, 1999). За узагальненими результатами багатьох науковців встановлено, що в умовах господарств найбільша загибель рослин відбувається у період від сівби до сходів та становить 15-20 %, при перезимівлі – 10-20 % та 10-15 % під час весняно-літньої вегетації. Тобто, загальна збереженість рослин у виробничих посівах, а відтак – і рівень участі рослин у формуванні врожаю, у середньому перебуває у межах 50-65 % (Ламан та ін., 1987; Петриченко та ін., 2006; Коляда, 2011; Дубовик & Каленська, 2018; Темрієнко, 2018). За ступенем впливу на виживання рослин агротехнічні фактори розподіляються таким чином: якість насіння і підготовка його до сівби, норма, глибина і рівномірність посіву, стан насіннєвого ложа, строки сівби та попередник (Глуховский, 1964; Валовиков, 1971; Войтюк, 2005; Влох & Пархуць, 2005; Чернищенко, 2008; Ларионов та ін., 2009).

Недбале використання послідовності цих агротехнічних факторів відпочатково закладає доволі слабку фундаментальну основу, здатну звести нанівець не лише переваги насіння, його репродукційну чи сортову категорію, але й робить проблематичним наступний догляд за посівами у цілому (Андрющенко & Кривицький, 2005; Батыгина, 2007; Ларионов та ін., 2009; Мачнева & Семина, 2005). Досліджено, що різниця в урожаї одного і того ж сорту в однакових умовах може досягти 80-100 % завдяки різниці в

насінні (Кавунець, 1999; Азуркін, 2002; Їжик та ін., 2006; Яременко, 2008). Сівба високоякісним (кондиційним) насіння м в оптимальні для зони строки, за сприятливих ґрунтових умов для проростання – перша і одна з найбільш важливих передумов для отримання високих врожаїв якісного матеріалу (Weitbrecht et al., 2011; Фадеев, 2012, 2013).

Історично провідні селекційні центри України знаходяться в ґрунтово-кліматичних зонах, сприятливих для формування, максимального розкриття і закріплення високого генетипічного потенціалу сортів і гібридів різних видів рослин. Поряд з цим, слід відзначити високий професійний рівень українських селекціонерів, який розвинувся на основі шкіл відомих у світі вчених: М.І. Вавилова, В.Я. Юрєва. М.М. Кулешова, Ф.Г. Кириченка, П.Ф. Гаркового, Д.О. Долгушина, Б.П. Соколова, В.І. Вольфа, В.П. Зосимовича, О.К. Коломієць, В.М. Ремесла, В.С. Цикова, О.С. Алексєєвої, М.О. Зеленського та ін. Сучасна плеяда генетиків і селекціонерів, продовжуючи традиції цих шкіл, створює сорти та гібриди з високою продуктивністю та якістю продукції, стійкі до несприятливих факторів. Експорт і імпорт посівного матеріалу збільшується. В зв'язку з цим велике значення мають законодавча база та її узгодження з міжнародними вимогами охорони власності на сорт, якості насінневого матеріалу.

Експорт посівного матеріалу становить близько 10 % від світових внутрішніх ринків. Структура експорту показує, що експортується, в першу чергу, посівний матеріал, який: має оптимальне співвідношення між масою і реалізаційною ціною; спеціально оброблений, в зв'язку з чим підвищується його стійкість до несприятливих факторів навколишнього середовища (дражування насіння цукрових буряків, овочевих і декоративних культур з добавкою речовин, які стимулюють проростання та ріст), отриманий із застосуванням складних селекційних методів (гібридне насіння, 40 % експорту всього посівного матеріалу); має високу екологічну пластичність (гібриди і сорти, які придатні для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах); є насіння м рідкісних видів або важко розмножуються.

В останні десятиріччя в нашу країну імпортується понад 70 % гібридів кукурудзи, 55 – 60 % гібридів і сортів цукрового буряка, 40 – 45 % ярих зернових та зернобобових рослин. Більша частина сортів, гібридів та насіннєвої продукції овочевих рослин в Україну завозиться з Голландії та інших країн західної Європи. І лише поля пшениці озимої засіваються в основному на 95 – 96 % вітчизняними сортами. Експансія в Україну іноземних сортів і гібридів відбувається за рахунок ретельного підготування посівного матеріалу – точного калібрування, якісної штучної захисно – стимулюючої оболонки, насиченої мікроелементами, регуляторами росту, ефективними засобами захисту від хвороб і шкідників, що створює кращі умови для стартового росту. Все це штучно завищує оцінку реальної продуктивності імпортних сортів та сприяє їх впровадженню на промислових площах України.

Небезпека широкого неконтрольованого з боку держави розмноження іноземних сортів криється ще в розповсюдженні неіснуючих раніше в Україні хвороб та шкідників, а також сприяє завуальованому розмноженню генетично модифікованих форм рослин. Іноземні фірми насичують власними технологіями та технічним обладнанням насіннєобробні підприємства нашої країни. Відомо, що в Україні розроблено важливі елементи технологій у сфері насінництва – екологічний принцип зонального насінництва, добір посівного матеріалу на основі форми насінини, виробляються та впроваджуються ефективні регулятори росту рослин та інше.

Негативні тенденції, що мають місце у сфері селекції та насінництва в Україні дозволяє зробити висновок, що однією з причин слабкої конкурентоздатності вітчизняних сортів, гібридів та насіннєвої продукції є низький рівень технологій, технічного забезпечення та у багатьох випадках чисто комерційний підхід певних керівних структур та конкретних насінницьких підприємств до виробництва та реалізації насіння. Прикладом цього може бути перенасичення сівозмін соняшником та ріпаком у зв'язку з широким використанням для одержання біопалива в Європі.

Виробництво насіння – це складний комплексний процес, успіх якого залежить від раціонального теоретичного обґрунтування окремих його ланок та технології в цілому, а також застосування досягнень науки та досвіду фахівців у практиці. Адже врожайність будь-якої культури залежить як від зовнішніх факторів розвитку рослини, так і від якості насіннєвого матеріалу, тобто від насіння. Як свідчить прадавня мудрість: «Що посієш – те й пожнеш», «Яке насіння, таке й покоління».

насіння є носієм біологічних і господарських властивостей рослин, тому від його якості в значній мірі залежить урожай, який можна одержати при його сівбі. Англійський фахівець-насіннєзнавець Уільям Хайдекер писав: «Рослина не може бути краще насінини, з якої вона розвинулась». Досліджено, що різниця в урожаї одного і того ж сорту в однакових умовах може досягти 80-100 % за рахунок різниці в насінні. Сівба високоякісним (кондиційним) насінням в оптимальні для зони строки, за сприятливих ґрунтових умов для проростання насіння – це перша і одна з найбільш важливих передумов для одержання високих врожаїв якісного матеріалу.

РОЗДІЛ 2. РИНОК НАСІННЯ ТА ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ В ГАЛУЗІ НАСІННИЦТВА

У споживачів до посівного матеріалу існують різні інтереси. Насінницькі фірми зацікавлені в оптимізації торгівлі посівним матеріалом для отримання прибутків. Уряди держав повинні нормативами і правилами, які закріплені в правових актах, гарантувати економічний розвиток країни, забезпечувати охорону довкілля (рослинні ресурси, біологічне розмаїття), сприяти підвищенню якості посівного матеріалу. Відобразити та захистити ці різні і частково протилежні інтереси вже неможливо лише в замкнених національних межах. Тому існує мережа міжнародних регіональних та світових організацій і відповідних домовленостей, які дозволяють вирішувати та задовольняти ці інтереси. Також існують і неурядові об'єднання та міжурядові організації, які у своїй діяльності взаємопов'язані своїми рішеннями.

Зростаючий попит на продовольство зумовлений збільшенням населення планети і зміною харчових переваг. Тому він став головним драйвером сучасної моделі ефективного сільського господарства, орієнтованої на високу врожайність. Одну з ключових ролей в агроефективності виконує насіння : з нього починається майбутній урожай. І саме насіннєві компанії є «невидимою» силою, що стоїть за зростаючими врожаєм ключових агрокультур (Ларионов та ін., 2009; Грабар та ін., 2010; Пилипенко, 2018).

Інтеграція України до світових структур, зокрема міжнародної Асоціації з тестування насіння (*International Seed Testing Association – ISTA*) та міжурядової Організації економічної співпраці та розвитку (*Organization for Economic Cooperation and Development – OECD*) відкриває шлях насінню сортів української селекції на світовий ринок. Паритетне входження України в світовий ринок насіння передбачає розширення виробництва конкурентоздатного насіння вітчизняних сортів та створення сучасної

технічної бази для його доробки, пакування, етикетування та перевезення відповідно до існуючих вітчизняних та міжнародних вимог (Каленська та ін., 2009; Власов, 2009).

Ринок насіння розвивається як один із найбільш динамічних сегментів вітчизняного аграрного сектору, що істотно не залежить від стану економіки чи курсових коливань національної валюти. На формування попиту насіння на ринку впливає декілька чинників. Насамперед, це структура посівних площ і стан збереження озимих культур, оскільки у випадку їх поганої перезимівлі та часткової втрати зростає попит на ярі сільськогосподарські культури для пересіву. Останніми роками значний вплив справляють глобальні тренди кон'юнктури світового аграрного ринку, які зумовлюють переорієнтацію товаровиробників на вирощування більш ліквідних та прибуткових культур – кукурудзи, соняшнику, сої та ріпаку. Попит на це насіння є стабільним, однак і конкуренція в цьому сегменті значно вища (Мельник, 2007; Кернасюк, 2017; Пекін, 2017; Захарчук, 2018).

Просування насіння на зовнішні насінневі ринки значно відрізняється від експорту товарного зерна. В економічному, нормативно-правовому та науковому аспекті це зовсім різні об'єкти відносин, регулювання та змісту. Так, в економічному аспекті, експорт зерна відрізняється від експорту насіння, як експорт сировини відрізняється від експорту високотехнологічних, наукоємних продуктів. Створені генетичні продукти, зокрема: сорти, гібриди, гомозиготні лінії та ін., матеріальним носієм яких є насіння, належать до категорії наукоємних продуктів. Просування на зовнішні ринки наукоємних товарів (продуктів) є надскладним завданням, а від ефективності його вирішення безпосередньо залежить рівень економічного потенціалу та конкурентоспроможності економіки країни (Шпаар та ін., 2001; Каленська та ін., 2009; Малых & Заулаков, 2011).

Світовий ринок насіння в останні роки розвивається дуже динамічно, конкуренція між країнами і компаніями зростає, зумовлюючи консолідації і зміни держрегулювання (Синьковська, 2020). Ринок нарощує темпи завдяки:

зростанню частки більш дорогих насіння гібридів F1; підвищенню вартості насіння шляхом розширення його технологічної доробки (протруювання, інкрустації, дражування і т. д.); збільшенню кількості сортів, отриманих з використанням досягнень молекулярної генетики та біотехнології; розвитку системи прав інтелектуальної власності на сорти рослин; географічній спеціалізації світових зон виробництва насіння з урахуванням наявності контрсезона, кліматичних умов і кваліфікованої робочої сили; вдосконаленню способів транспортування і зберігання насіння, уніфікації правил міжнародної торгівлі (Шпаар та ін., 2001; Каленська та ін., 2009)

Світовий ринок насіння (рис. 1) найбільш стабільний і найдорожчий, розвивається надзвичайно енергійними темпами і володіє неймовірним потенціалом. За даними Research&Markets, світовий ринок насіння у 1970 році був на рівні менше \$ 1 млрд, в 2011 році зріс до майже \$ 10 млрд, а в 2018 році становив вже близько 67 млрд дол. США.

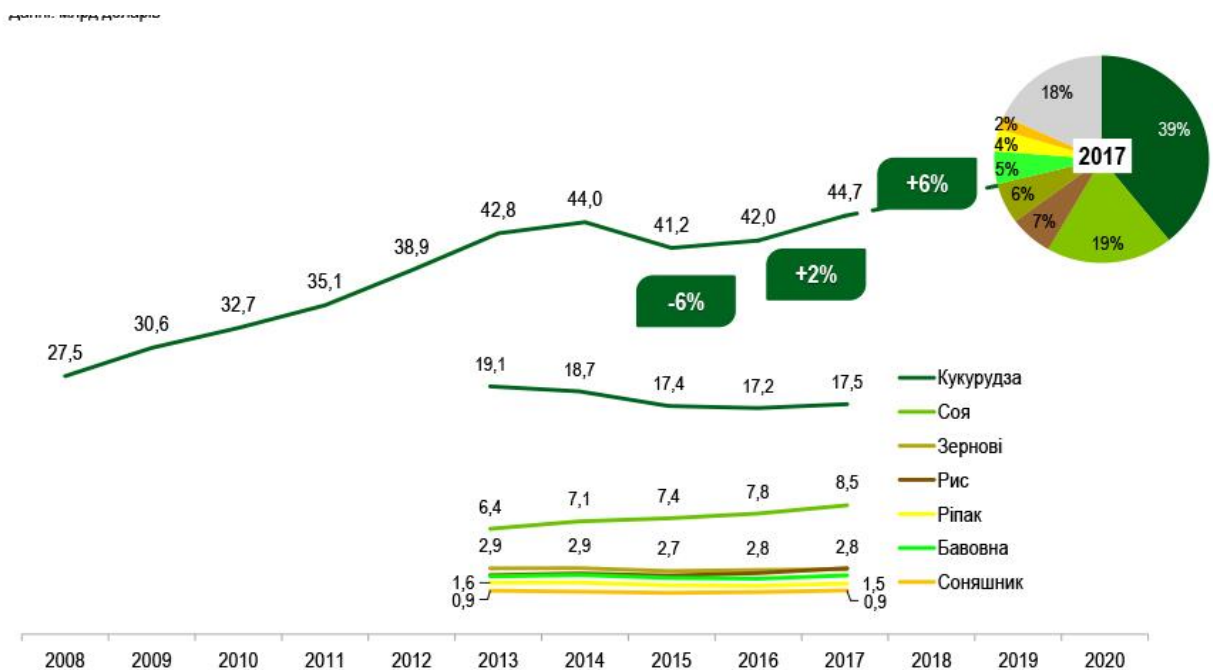


Рис. 1 - Світовий ринок насіння (Синьковська, 2020)

При цьому зростання ринку в 2011-2018 роках склало 7 % на рік. За прогнозом експертів агентства, до 2024 року світовий ринок насіння досягне 98 млрд дол. США. Водночас Європа залишається головним гравцем

світового насіннєвого ринку: щорічний приріст ринку в ЄС становив 10 % на рік за останні 5 років і до 2019 року склав 24 млрд дол. США (Синьковська, 2020; Захарчук, 2019; Прохорчук, 2019; Кожухар, 2019).

На сьогодні європейський ринок насіння (рис. 2) представлений близько 7000 компаній, основними гравцями ринку виступають такі країни, як Франція, Нідерланди і Німеччина. В ЄС під виробництво насіння на поточний момент зайнято понад 2 млн га, очікується, що цей показник буде зростати в найближчі роки. насіння зернових і олійних культур залишається ключовим сегментом європейського насіннєвого ринку, але спостерігається тенденція зростання виробництва насіння овочів і фруктів. При цьому європейські виробники насіння вкладають в розробки близько 12-15 % від виручки, таким чином, передбачається подальший активний розвиток галузі та зростання конкурентоспроможності європейських виробників.

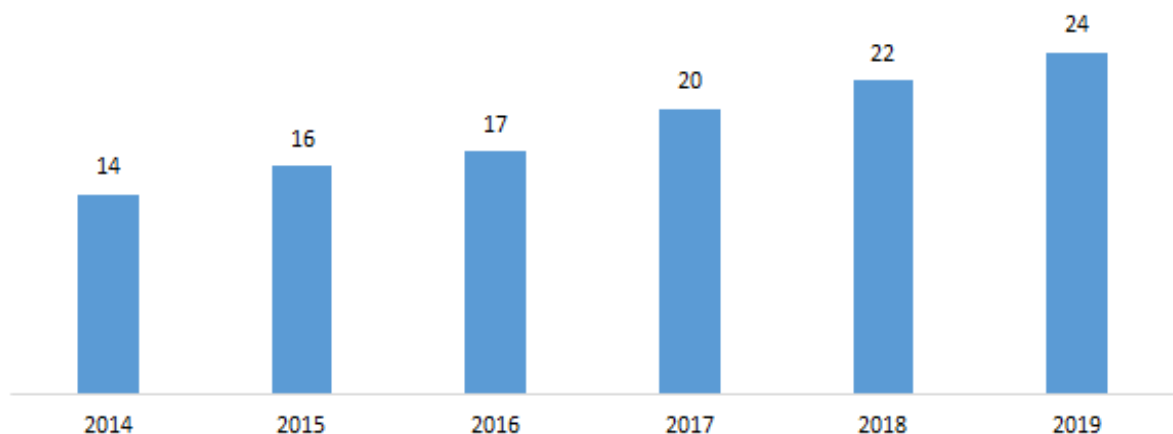


Рис. 2 - Європейський ринок насіння (Синьковська, 2020)

Ринок насіння США також характеризується значною динамікою розвитку: на даний момент представлено близько 800 компаній-виробників насіння (як американських компаній, так і представників великих міжнародних корпорацій). США лідирують у постачанні насіння до ринків країн Південної та Центральної Америки (Шпаар та ін., 2001; Каленська та ін., 2009; Агробізнес сьогодні, 2019; Кожухар, 2019).

Світовий ринок насіння повністю монополізований, тривалий час п'ять фірм контролювали 75 % мирового ринку. За даними щорічного рейтингу

світових лідерів насіннєвого бізнесу, що публікується виданням Agropages, в 2018 році п'ятірка лідерів включала – Bayer/Monsanto (Німеччина), Corteva (США), Syngenta (Швейцарія/Китай), BASF (Німеччина) і Limagrain (Франція). Європа традиційно залишається світовим лідером з експорту насіння. За даними European Seed, 13 компаній з 20 лідерів рейтингу 2018 року – це компанії-представники країн ЄС: дві німецькі компанії - Bayer і KWS; п'ять французьких компаній - Limagrain, Florimond Desprez, RAGT Semences, Euralis Semence і InVivo; одна датська компанія - DLF; чотири голландські компанії - Rijk Zwaan, Barenbrug, Enza Zaden and Bejo Zaden; дві китайські компанії - Syngenta (ChemChina), Long Ping High-Tech і Beidahuang Kenfeng Seed; дві японські компанії - Sakata Seed і Takii Seed; і одна індійська компанія - Advanta Seeds (UPL).

При цьому оцінювати світову торгівлю насіння вкрай складно, оскільки багато з країн-експортерів також є імпортерами, крім того, для ринку насіння характерний реекспорт – країна може імпортувати батьківські форми і експортувати гібриди і т. ін. (Синьковська, 2020; Прохорчук, 2019; Кожухар, 2019).

На українському ринку зараз переважає іноземний посівний матеріал. насіння українські виробники зазвичай купують за кордоном, переважно у Канади, США та Франції. Основними імпортними культурами для українських товаровиробників є кукурудза, пшениця, соняшник, ріпак, соя, цукровий буряк та овочіт (рис. 3). На них припадає 95-97 % всього імпорту насіння. За 2020 рік Україна імпортувала насіння зернових та олійних культур на загальну суму 409,4 млн дол. США, що у десятки разів перевищує показники 2005 року, коли було придбано за кордоном лише 12 тис. т кукурудзи на 26,3 млн дол. США та 3,1 тис. т соняшнику на 19,1 млн дол. США. При цьому нині рівень забезпеченості вітчизняних аграріїв насінням української селекції продовжує падати і становить: по кукурудзі – 25-30 %; соняшнику – 10-15 %; ріпаку – 20 %; цукровому буряку – 5-10 % (Ночвіна та ін., 2019; Захарчук, 2021).

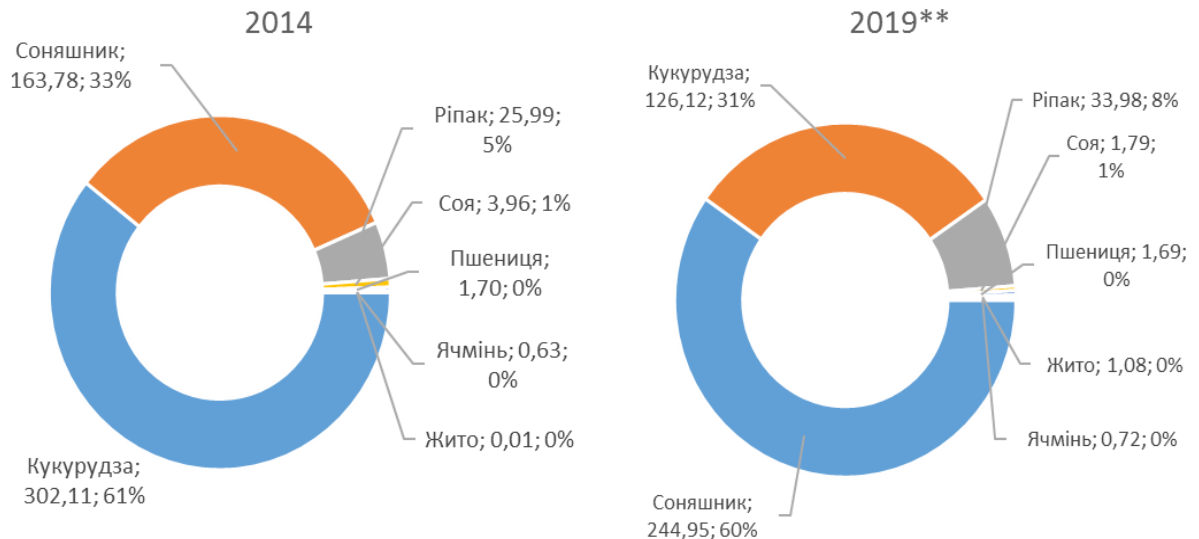


Рис. 3 - Зміна структури імпорту насіння в Україну в грошовому вираженні (Захарчук, 2019, 2021)

Українське насіння користується попитом тільки на ринках сусідніх країн, а саме Молдови, Росії, Казахстану, Туреччини і деяких інших. Найбільшим ринком збуту вітчизняного насіння донедавна була Російська Федерація, але з огляду на останні події співпраця має тенденцію до зниження. Головними позиціями в українському насіннєвому експорті є кукурудза і пшениця, саме вони користуються попитом у сусідній Білорусі, яка на сьогодні – наш головний ринок збуту. Також непогані експортні позиції у вітчизняних виробників насіння жита і соняшнику (Григоренко, 2018; Силивончик, 2018; Захарчук, 2019, 2021).

Експортні перспективи України (рис. 4) великі, але реалії дещо інші. Наразі українське насіння користується попитом тільки на ринках сусідніх країн, а саме Молдови, Росії, Казахстану, Туреччини і деяких інших. Найбільшим ринком збуту вітчизняного насіння донедавна була Російська Федерація, але у зв'язку з останніми подіями співпраця має тенденцію до зниження (Ковальчук, 2016; Захарчук, 2020). Серед головних перешкод просуванню вітчизняного насіння на світовий ринок є: невизнання українських фітосанітарних сертифікатів, яке посилюється неповним приєднанням України до Схем сортової сертифікації Організації

економічного співробітництва та розвитку; відносно невисока якість українського насіння, порівняно з насіннєвим матеріалом країн ЄС та США; потужний захист внутрішніх насіннєвих ринків інших країн для входження іноземного, зокрема й українського насіння (Агробізнес сьогодні, 2019; Григоренко, 2018, 2019; Кожухар, 2019).

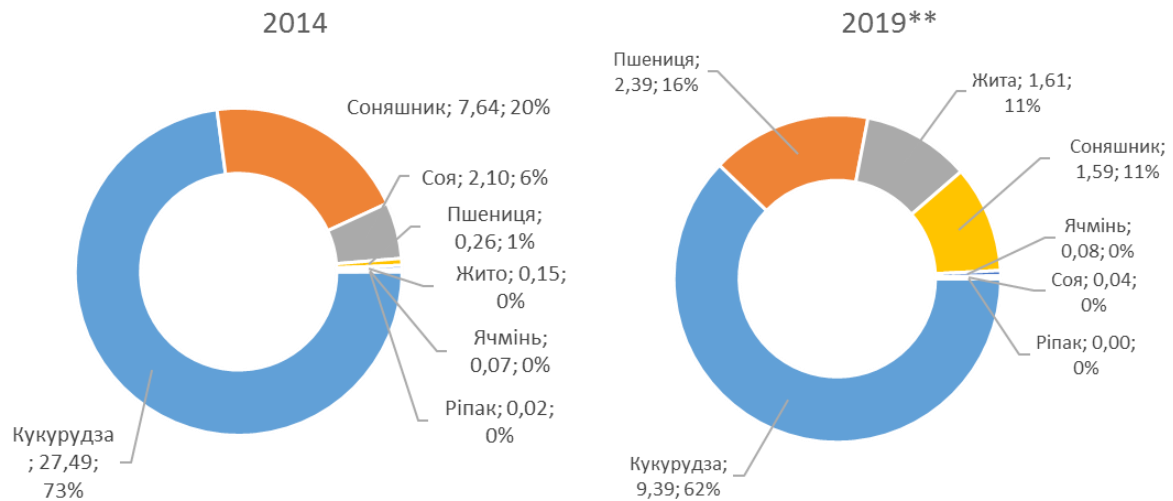


Рис. 4 - Зміна структури експорту насіння в Україну в грошовому вираженні (Захарчук, 2019, 2021)

Хоча вітчизняний насіннєвий матеріал має величезний потенціал, реалізувати його стає дедалі складніше, оскільки на ринку насіння закріпився новий вид продажу насіннєвої продукції. Це насіння, вирощене іноземними компаніями на території України, дороблене на насіннєвих заводах, побудованих в Україні, і реалізоване як в Україні, так і за її межами – у Росії, Китаї, Індії та інших країнах. Завдяки цьому іноземні компанії для здешевлення логістики та інших витрат вже не мають потреби ввозити своє насіння з-за кордону (Захарчук, 2020; Прохорчук, 2019; Кожухар, 2019).

Порівнюючи стан фінансування українських та іноземних селекційних центрів, можна побачити колосальну різницю. Наприклад, у компанії Monsanto щорічно на селекцію виділяють 600 млн дол. США, у компанії Limagrain – бюджет на розробку нових сортів становить 250 млн євро. У вітчизняних інститутів цільового фінансування ніколи не було, і єдиним

способом підтримки селекції є отримання роялті – своєрідної винагороди за використання сортів, виведених селекціонерами наукової установи (табл. 1). Для порівняння, річне фінансування Національної академії аграрних наук становить 400–450 млн грн, або орієнтовно 14,0–16,0 млн євро (Захарчук, 2018).

Таблиця 1

Частка сортів і гібридів іноземної селекції в Україні

Ботанічний таксон	Всього сортів	в т. ч.		Українська селекція, %
		вітчизн.	іноземн.	
Разом	7058	3662	3396	52
Пшениця озима	260	208	52	80
Ячмінь звичайний ярий	120	81	39	68
Кукурудза звичайна	1462	550	912	38
Буряк цукровий	176	43	133	24
Соняшник однорічний	739	209	530	28
Картопля	145	63	82	43
Овочеві - всього	1884	738	1146	39
Квітково-декоративні - всього	243	221	22	91
Лісові - всього	8	8	0	100
Плодові - всього	397	370	27	93
Ягідні - всього	131	108	23	82
Виноград справжній	107	104	9	97

На зовнішніх ринках до українського насіння зберігається цінова дискримінація. Зокрема, вітчизняна кукурудза йде на експорт за 2059 дол. США за 1 тонну, а імпортна закуповується за вдвічі вищою ціною у 4233 дол. США. Пшеницю ми продаємо у 3,1 разу дешевше, ніж купуємо, а ячмінь – утричі дешевше. Внаслідок цього втрачаються подальші перспективи розвитку вітчизняної селекції зернових та олійних культур, адже

зростання конкуренції на внутрішньому ринку негативно позначається на вітчизняній селекції (Захарчук, 2019; Прохорчук, 2019).

За прогнозними оцінками науковців Інституту аграрної економіки, при збереженні існуючих у вітчизняній насіннєвій галузі тенденцій, а також на тлі зменшення державної підтримки вітчизняної селекції імпорту іноземного насіння до України може зрости у вартісному виразі утримі – до 1,5 млрд дол. США, і з часом призвести до повного витіснення вітчизняних сортових ресурсів з ринку насіння й садивного матеріалу, що несе в собі потенційну загрозу продовольчій безпеці України та її експортним можливостям (Ковальчук, 2016; Захарчук, 2020).

Господарсько-економічні та організаційно-правові відносини в галузі насінництва в сьогоднішніх умовах формування ринкових відносин в нашій державі регламентуються Законом України «Про насіння і садивний матеріал», Законом України «Про охорону прав на сорти рослин», Законом України «Про карантин рослин», Державними стандартами України: ДСТУ 2240-93 « насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості», ДСТУ 2949-94 « насіння сільськогосподарських культур. Терміни та визначення», ДСТУ 4138-2002 « насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості», а також Державним реєстром сортів рослин України та Державним реєстром виробників насіння і садивного матеріалу.

Закон України «Про насіння і садивний матеріал» (2002) визначає правові, організаційні та фінансові засади функціонування ринку насіння і садивного матеріалу, вимоги щодо його вирощування, підготовки, затарювання, торгівлі, сортових і посівних характеристик, а також повноваження державних органів, права і обов'язки юридичних і фізичних осіб у сфері обігу насіння, здійснення державного контролю та нагляду за ним.

Закон України «Про охорону прав на сорти рослин» (1993) регулює майнові та немайнові відносини між виробниками та власниками сорту, пов'язані з необхідністю захисту прав на сорти рослин. Закон України «Про

карантин рослин» (1993) визначає основи карантину рослин та спрямований на протидію занесенню і поширенню в Україні шкідливих організмів.

З метою приведення положень Закону України «Про насіння і садивний матеріал» у відповідність до Закону України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності» та адаптації його до вимог СОТ та ЄС у частині запровадження в Україні Схем сортової сертифікації насіння Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD), Законом України від 2 жовтня 2012 року Закон «Про насіння і садивний матеріал» викладено в новій редакції, яка набрала чинності з 4 грудня 2012 року. Вказаний Закон визначає основні засади виробництва та обігу насіння і садивного матеріалу, а також порядок здійснення державного контролю за ним. Його дія не поширюється на обіг насіння і садивного матеріалу генетично модифікованих організмів (рослин), що регулюється спеціальним законодавством (Гаврилюк, 2001; Буняк & Данилко, 2018).

Згідно із новою редакцією закону до суб'єктів насінництва і розсадництва належать фізичні і юридичні особи, яким надано право займатися виробництвом, реалізацією насіння і посадкового матеріалу. Державне управління у сфері насінництва і розсадництва здійснюють Кабінет Міністрів України, центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування і реалізує державну аграрну політику, а також центральний орган виконавчої влади, який забезпечує реалізацію державної політики у сфері нагляду (контролю) в агропромисловому комплексі.

Інтеграція з європейськими структурами є одним із пріоритетів зовнішньої політики нашої держави. Розвиток і зміцнення економічних відносин з іншими країнами, зокрема в галузі насінництва, вихід України як рівноправного партнера на міжнародний ринок вимагає вступу її до відповідних міжнародних організацій. Одним із перших кроків у цьому напрямі стало приєднання України до Міжнародної конвенції з охорони нових сортів рослин і вступ до членів Міжнародного союзу з охорони нових

сортів рослин (UPOV), а також членство України в Міжнародній федерації з торгівлі насіння м (FIS, 1994; 2001; Позняк, 2006).

Подальше становлення вітчизняної селекції і насінництва, їх вихід на міжнародний ринок як у країни СНД і Східної Європи, так і в країни Західної Європи, залучення іноземних інвестицій для створення інфраструктури насінництва, підвищення конкурентоздатності українського насіннєвого матеріалу сільськогосподарських рослин не може відбутися без членства нашої країни в Міжнародній асоціації з контролю якості насіння (ISTA) і доступу до схем сортової сертифікації насіння, що є об'єктом міжнародної торгівлі, Організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР).

Членство в ISTA зменшує перешкоди для руху насіння між державами, оскільки сертифікати на насіння визнаються всіма країнами-членами цієї міжнародної організації. Це дає змогу Україні інтегруватися до Європейської маркетингової мережі насіння. Вступ до даної організації підвищує авторитет держави на шляху до інтеграції в Європу і збільшує її шанси як сільськогосподарського виробника насіння щодо реалізації його в європейські країни на рівних умовах (ISTA, 2003, 2011; Агробізнес сьогодні, 2019). Підсумовуючи вищенаведене, слід зауважити, що Україна має такий потенціал, що з легкістю могла б стати світовим лідером з реалізації не тільки товарного зерна, але й посівного матеріалу, тобто насіння (Ковальчук, 2016). Підтвердженням цьому є висновки експертів Продовольчої та Ветеринарної Служби Європейської Комісії, які вказують на те, що насіння, вироблене та сертифіковане в Україні, визнається еквівалентним виробленому та сертифікованому у країнах ЄС. Також оновлено Рішення Ради ЄС 2003/17/ЕС від 16 грудня 2002 року. В цьому документі Україну включено до Додатка II, де вона значиться в переліку третіх країн, які визнані ЄС такими, де підтверджена еквівалентність системи сертифікації та виробництва насіння. Експорт дозволений для сортів, які зареєстровані в країнах ЄС, однак лише за умови дотримання передбачених фітосанітарних вимог (Григоренко, 2020).

РОЗДІЛ 3. РІЗНОЯКІСНІСТЬ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Сівба високоякісним насінням сприятиме найповнішій реалізації генетичного потенціалу врожайності сучасних сортів сільськогосподарських культур (Кавунець, 2005; Рарок та ін., 2004; Гарбар & Новицька, 2012; Доктор & Новицька, 2015). Насіння формується у процесі життєдіяльності материнської рослини у певних умовах навколишнього середовища. Внаслідок впливу різних ендогенних та екзогенних чинників у різні періоди життя материнських рослин воно набуває різних змін і відмінностей (Кизилова, 1974; Кіндрук, 2003; Акуленко, 2015). За якістю та кількістю насіння можна дати оцінку самій рослині, оскільки саме на ньому відображається вплив складного і мінливого комплексу умов середовища. Насіння слід розглядати як основу передачі не лише цілісності генотипу сорту від покоління до покоління, але й системи взаємодіючих генів і середовища у фенотипових змінах у конкретних агроекологічних умовах (Ларионов та ін., 2009; Шпаар та ін., 2001).

Різноманітність насіння – широко розповсюджене явище в рослинному світі (Рарок & Рарок, 2005; Строна, 1964; Макрушин, 1994; Манжос, 1971; Кіндрук, 2003; Шпаар та ін., 2001). Різноманітність насіння або його модифікаційна мінливість – властивість всіх без винятку вищих рослин (культурних та дикоростучих) як в межах популяції, так і в межах однієї особини, якщо остання продукує більше однієї насінини. Відмінності насіння за морфологічними ознаками, біохімічним складом та фізіологічним станом, що впливає на його здатність до проростання й продуктивність рослин у потомстві, називаються різноманітністю (Кіндрук, 2003; Строна, 1966; Каленська та ін., 2011). Водночас добре відомо, що навіть дві насінини однієї рослини не є абсолютно ідентичними (Васильковский, 1973; Войтенко, 1991; Крокер & Бартон, 1955, Никитченко, 1976).

Різноманітність проявляється в тому, що насіння однієї рослини або навіть бобу, колоса, мітелки, качана, стручка, коробочки нерівнозначне за своїми морфологічними, анатомічними та фізіолого-біохімічними показниками (Кизилова, 1974; Овчаров & Кизилова, 1966; Рарок, 2004; Строна, 196; Чернишенко, 2008; Никитченко, 1976). Вона може бути, з погляду людини, позитивною (крупність насіння, висока продуктивність, скоростиглість і т. п.) і негативною (щуплість насіння, пізньостиглість і т. п.). Всі фактори, що сприяють розвитку позитивної різноманітності насіння, слід використовувати на практиці насінництва, а всі фактори й умови, що обумовлюють негативну різноманітність – необхідно попереджувати.

З теоретичної і практичної точки зору, проблема різноманітності насіння є надзвичайно важливою і досліджується особливо інтенсивно (Овчаров & Кизилова, 1966; Білоножко, 2004; Жарінов та ін., 2001; Кліценко, 2008; Скоромний, 2007; Попова та ін., 2009). У вивченні різноманітності насіння накопичено значний матеріал щодо її природи та причин виникнення. Відомо, що одна і та ж рослина дає насіння різне за розміром, масою, формою, хімічним складом і біологічними особливостями. Різноманітність насіння багато в чому обумовлюється ембріологічними процесами (Батыгіна та ін., 2007; Будовський та ін., 2008), впливом на його розвиток умов довкілля (Васильковский, 1973; Вишневецький та ін., 2007; Пеньчуков та ін., 1993), різницею в місцезнаходженні насіння на материнській рослині (Жарінов, 2001; Казаченко, 2010; Овчаров, 1976; Новицька & Гарбар, 2010; Сусський & Кліценко, 2001). З огляду на це, розрізняють три категорії різноманітності: генетичну, материнську (матрикальну) і екологічну (Ижик, 1976; Макрушин, 1989; Попова та ін., 2009; Каленська та ін., 2011).

Генетична різноманітність виникає внаслідок сполучення спадковості батьківських форм завдяки поєднанню в акті запліднення різних гамет (Баранова, 1984; Строна, 1964). Нові організми передбачають спадкові можливості двох організмів – материнського і батьківського. Водночас вони виявляються в генетичному відношенні різноманітними, оскільки гамети

неоднакові та є носіями різних спадкових можливостей (Кизилова, 1974; Войтенко, 1991). Зазвичай генетична різноякісність є спадковою і здебільшого притаманна перехреснозапильним культурам. Проявляється у зміні кольору, хімічного складу, врожайних властивостей майбутньої рослини. Класичним прикладом генетичної різноякісності може бути ксенійність кукурудзи: коли на одному качані утворюється насіння різної форми, кольору або консистенції. Ще один приклад – прояв гетерозису. Генетичну неоднорідність також спричиняє присутність на приймочці пилку інших рослин, що часто підвищує фізіологічну активність приймочки. Негативне значення генетичної різноякісності проявляється у втраті сортових особливостей (Задорожна та ін., 2013, 2016).

Різноякісність соматичних клітин є однією з причин, що зумовлюють неоднорідність утворених із них пилкових зерен і яйцеклітин. У зиготі різноякісність статевих клітин об'єднується. Розвиток зародка, а в подальшому і насіння, визначається, з одного боку, генетичною основою, закладеною в зиготі, а з іншого – умовами живлення, що спричиняють фенотипові властивості материнської різноякісності (Волощук, 2008). Оскільки гамети, що зливаються, у спадковому відношенні різноякісні за складом геному, то і насіння, яке формується, генетично нерівноцінне. При цьому зберігається загальний тип спадковості (сортові ознаки), але кожна насінина, а надалі – рослина, має відмінності, зумовлені статевим процесом (Строна, 1964). Відому роль відіграє тут і множинний ефект запліднення (Кизилова, 1974; Кіндрок, 2003; Овчаров, 1976; Макрушин, 1989).

Генетичну різноякісність насіння спричиняють також мутагенні чинники. Ця категорія різноякісності має спадковий характер (Ижик, 1976; Строна, 1964; Кіндрок, 2003), використовується при створенні нових сортів і проявляється у зовнішніх морфологічних ознаках насіння різних сортів (форма, розмір, будова оболонки, її забарвлення тощо), в різному рівні фізичних і біохімічних показників (маса 1000 насінин, натура, щільність, вміст жиру, білка) і в урожайних властивостях, тобто в продуктивності

рослин, що вирости із різного за якістю насіння (Дмитрівська, 2007; Кадычegov & Бородыня, 2001).

3.1 Матрикальна різноякісність насіння зернових колосових, зернових бобових та олійних культур

Матрикальна (материнська) різноякісність виникає внаслідок різного положення насіння на материнській рослині (Абаев, 2012; Кліценко, 2008; Новохацький, 2011). Різниця в розміщенні плодів та насіння на материнській рослині зумовлює неодночасність їх утворення й розвитку, неоднорідність умов живлення та мікроклімату, неоднакову захищеність від несприятливих чинників, характеру синтезу асимілянтів, атрагуючої здатності окремих органів рослини тощо. Все це призводить до значних змін ендогенних процесів у плодах і насінні, а також спричиняє виникнення нових морфо-анатомічних та інших ознак.

Матрикальну різноякісність пов'язують зі здатністю рослини продукувати пилок різного роду, якісні показники якого обумовлені місцем формування на материнській рослині (Волощук, 2008; Доктор & Новицька, 2015). Місце утворення насіння на рослині обумовлює його різноякісність не лише через різні умови зовнішнього середовища при формуванні, а й завдяки іншому забезпеченню необхідними речовинами. Відмінності у просторовому розміщенні насінини на материнській рослині спричиняють різницю в умовах розвитку зав'язі, пов'язаних з неодночасним проходженням етапів морфогенезу, різними умовами живлення, необхідними сполуками окремих насінин та неоднаковим впливом материнського організму (Кизилова, 1974; Овчаров & Кизилова, 1966; Сусський, 2001; Новицкая & Гарбар, 2008).

Дослідами доведено, що перші квітки і зав'язі мають переваги в споживанні асимілянтів і сприяють утворенню гормонів, що пригнічують утворення, ріст і розвиток молодших генеративних органів. Формування матрикальної різноякісності є складним процесом, який розпочинається на ранніх етапах онтогенезу рослини і завершується у фазі повної стиглості

плоду або насіння . Він передбачає три основні етапи: перший – вегетативний (від проростання насіння до початку утворення статевих клітин), упродовж якого формуються різноякісні тканини і клітини; другий – генеративний (з моменту утворення статевих клітин і до запліднення), для якого є характерним утворення різноякісних пилкових зерен і яйцеклітин; третій – репродуктивний (від початку утворення зародка до повної стиглості насіння або плоду), якому властиве утворення різноякісного насіння або плоду. Особливістю третього етапу є подвійний характер чинників, що впливають на формування різноякісності насіння : з одного боку, генетичний механізм визначає спадкові ознаки насіння, з іншого ж – фізичні та фізіологічні властивості насіння визначаються умовами живлення та іншим впливом материнської рослини (Томберг, 1951; Белоконь, 1969; Шпаар та ін., 2001; Волощук, 2008; Каленська та ін., 2011).

Взаємодія процесів розвитку насіння з умовами навколишнього середовища, одні з яких покращують, а інші – погіршують нормальне постачання цього насіння метаболітами спричиняє екологічну різноякісність. Такі фактори середовища як тривалість дня, якість та інтенсивність світла, температура і відносна вологість повітря, а також відмінності в умовах росту окремих рослин в агрофітоценозі значно впливають на хімічний склад, морфологічні та фізіологічні властивості насіння . Ця форма різноякісності переважно неспадкова, однак у формуванні біологічних властивостей насіння вона відіграє важливу роль (Білоножко, 2004; Фирсова, 1978; Скоромний, 2007).

Зовнішні умови впливають не лише на тривалість періодів розвитку і фаз досягання насіння, але й на характер процесів, що протікають в них. Ці процеси можуть здійснюватися інтенсивно або сповільнюватися, що призводить до певних змін якості насіння . Так, погодні умови під час формування насіння значно впливають на його розвиток, а зрештою – і на посівні якості. Спостерігаються великі відмінності в якості насіння, що сформувалося за сприятливих і несприятливих погодних умов (Білоножко,

2004; Лещенко та ін., 1985; Фирсова, 1978; Кіндрок та ін., 1990). Таким чином, за сприятливої погоди не порушується морфогенез насіння і синтез складних речовин; зайва вода з тканин порівняно швидко видаляється, дозрівання протікає дружно. Водночас хороші умови не слід ототожнювати зі спекотною погодою, при якій насіння занадто швидко висихає, внаслідок чого стає щуплим і з меншою масою (Ижик, 1976; Марченко & Реутских, 2007; Вишневський та ін., 2007; Каленська та ін., 2012).

Всі три форми різноякісності насіння взаємопов'язані. Найбільшу увагу насіннєводів привертає матрикальна різноякісність насіння, обумовлена характером плодоутворення рослин та їх біологією. І. Г. Строна вказує на деякі загальні закономірності в різноякісності насіння культурних рослин: посівні, біологічні та продуктивні властивості насіння кращі при більш ранньому їх формуванні; насіння володіє поліпшеними біологічними і врожайними якостями, якщо воно формується в центральній квітці та суцвітті; насіння, сформоване на головному стеблі, за посівними і врожайними властивостями значно краще за насіння, отримане зі стебел або гілок другого і наступних порядків (Строна, 1964; 1966; 1980).

Посівні, біологічні та врожайні властивості насіння більш високі при першому терміні їх формування. насіння перших термінів утворення в ярої пшениці, вівса, проса, гороху, люпину та інших культур формувало врожай на 15-57 % вище, ніж контроль (все зріле насіння в межах колосу або волоті). Також насіння має відмінні врожайні якості за умови формування в центральній квітці або суцвітті. У зернових колосових культур найбільш цінне насіння утворюється в середній частині колоса, оскільки воно утворюється першим, є найбільш крупним з високою схожістю і життєздатністю. Також воно характеризується і найвищою продуктивністю.

Біологічно найбільш цінне насіння вівса – з верхньої частини волоті та з кінців гілок I та II порядку. насіння з верхньої частини волоті проса є кращим за посівними показниками (енергія проростання, схожість), має більшу масу 1000 насінин, характеризується підвищеною продуктивністю.

Найбільш повноцінне насіння кукурудзи утворюється в середній частині качана. насіння кукурудзи, одержане з верхівки – дрібне, часто уражене сажкою і ушкоджене кукурудзяним метеликом. У соняшнику найбільш повноцінним є насіння з периферійної частини. насіння, що утворилося на головному стеблі, за посівними і врожайними властивостями значно краще за насіння, отримане зі стебел або гілок II і наступних порядків. Майже по всіх польових культурах (пшениця, овес, гречка, рис) отримані дані, що підтверджують цю закономірність (Коварский, 1970; Манжос, 1971; Макрушин, 1989; Bhatt et al., 1989; Шпаар та ін. 2001; Кіндрук та ін., 1990; Лапука, 1991; Кавунець, 1999; Їжик, 2000; Жарінов та ін., 2001; Рарок, 2004, 2005; Мельник, 2007).

Причиною виникнення різноякісності насіння є постійний і тісний зв'язок насіння, що розвивається, з навколишніми умовами. Всі умови, що складаються під час розвитку насіння, впливають на його властивості, створюючи його різноякісність, а оскільки сполучення різних природних факторів у взаємодії з розвитком насіння є безмежним, тому і різноякісність може виявлятися безмежним числом форм (Белоконь, 1969; Васильковский, 1973; Кизилова, 1974; Войтенко, 1991). Різноякісність насіння, що виникає в результаті його різного місцезнаходження на материнській рослині, веде до різного режиму живлення насіння і різного впливу материнської рослини (Овчаров & Кизилова, 1966; Страна, 1964).

Навіть за умови ідентичності впливу статевих і екологічних факторів різне місце розташування насіння обумовлює появу різноякісності. Таку різноякісність називають матрикальною (материнською), тому що поява її обумовлена біологією рослин і, зокрема, характером плодоутворення материнської рослини. Цей тип різноякісності суттєво впливає на формування як посівних, так і урожайних властивостей сільськогосподарських культур, і може призводити до зниження останніх (Жарінов та ін., 2001; Дмитрівська, 2007; Рарок & Рарок, 2005; Доктор & Новицька, 2015).

Правильна агротехніка на насінницьких посівах повинна бути побудована таким чином, щоб врожай насіння отримувався тільки на головних стеблах. Таке насіння буде повноцінним і високоврожайним. У насінницькій практиці слід з обережністю ставитись до широкорядних посівів зернових і круп'яних культур. Адже хоч і можна одержати високий коефіцієнт розмноження, але легко втратити посівну та врожайну якості насіння. Широкорядні посіви призводять до збільшення продуктивної кущистості, утворення підгону, різкого посилення різноякісності насіння, що часто супроводжується погіршенням його врожайних властивостей (Їжик, 2000; Макрушин, 1989; Шпаар та ін., 2001; Каленська та ін., 2011).

Вплив матрикальної різноякісності зернових колосових культур на посівні властивості, зокрема масу 1000 насінин залежно від місця утворення на материнській рослині та місця утворення в колосі, а також енергії проростання, схожості та сили росту проростків залежно від розміру насіння, досліджували на прикладі насіння пшениці м'якої ярої сортів Колективна 3 та Рання 93. В пшениці ярої різко відрізняється маса 1000 насінин залежно від їх положення в колосі (рис. 5).

Місце формування на рослині також до деякої міри впливає на тривалість періоду вегетації, врожайність та посівні якості насіння майбутньої рослини (Лещенко, 1962; Новицька & Гарбар, 2010). Зокрема, останні прямо залежать від вмісту в них білка та олії. Вміст білка в насінні знаходиться в прямій, а олії і вуглеводів – зворотній залежності від висоти його формування на рослині (Абаєв, 2012; Казаченко, 2010; Кизилова, 1974). Врожайні властивості насіння мають чітко виражену залежність від часу формування їх на рослині. Так, насіння нижнього ярусу, що раніше формувалося на рослині, відрізнялося підвищеною крупністю і кращими врожайними властивостями. Чим пізніше сформувалося насіння на рослині (верхній ярус) – тим врожайні властивості його нижче (Васильєв, 2007; Їжик, 2001; Гарбар & Новицька, 2012).

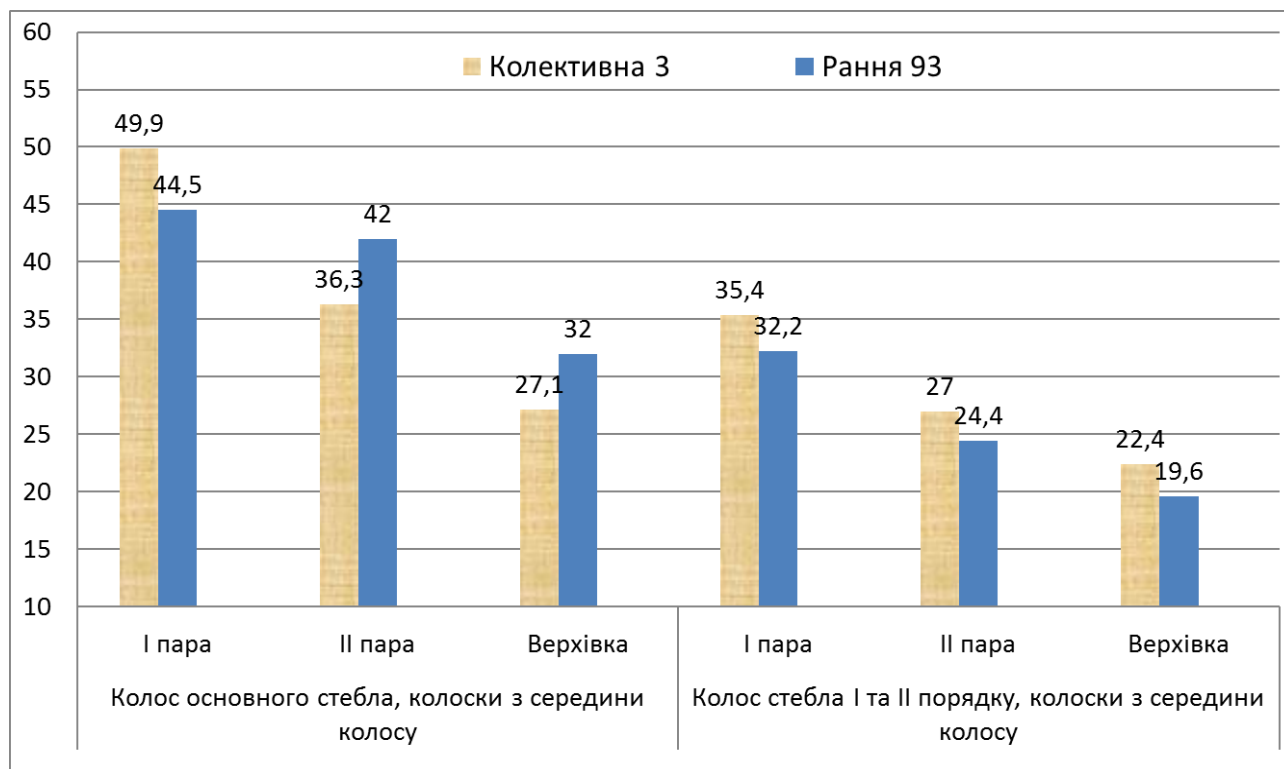


Рис. 5 – Матрикальна різноякісність маси 1000 насінин пшениці м'якої ярої, середнє за 2004-2006 рр. (Каленська С.М., Новицька Н.В.)

Найбільша маса 1000 насінин формувалася в перших синхронно розвинутих квітках колосу основного стебла пшениці ярої. Так, насіння, сформоване з перших синхронно розвинутих квіток колосу основного стебла, мало масу 1000 насінин – 49,9 і 44,5 г; з другої пари синхронно розвинутих квіток – 36,3 і 42,0 г; з верхівкових квіток – 27,0 та 32,0 г відповідно для сорту Колективна 3 та Рання 93. Маса 1000 насінин, сформованих в центральній частині колосу стебла першого та другого порядку, складала для першої пари синхронно розвинутих квіток: 35,4 і 32,2 г; другої пари синхронно розвинутих квіток – 27,0 та 24,4; верхівкові квітки мали показники 22,4 і 19,6 г відповідно сорту Колективна 3 та Рання 93.

Різноякісність насіння може проявлятися в морфологічних відмінностях. Вона зумовлена різною крупністю, формою, будовою оболонки насіння і т. п. Особливої уваги заслуговує новий вид різноякісності – асиметрія морфологічних ознак насіння. Серед анатомо-морфологічних

ознак насіння найбільш помітна різноякісність за його розміром і вагою. Вона може бути обумовлена екологічними та матрикальними факторами. За сівби великого і середнього насіння відзначається його висока польова схожість. Ці ж фракції забезпечують високу індивідуальну продуктивність рослин, краще їх збереження до збирання (Бабич, 1990; Будков, 1946; Білоножко, 2001; Їжик, 2001). Зв'язок якості насіння з його крупністю досить широко висвітлено в літературі. Автори численних публікацій з цього питання схиляються до висновку, що сівба крупним насінням позитивно впливає на всі складові урожаю – підвищується польова схожість, густина стояння рослин і поліпшуються ознаки, що характеризують структуру врожаю (Писаренко та ін., 1987; Маркес, 1997; Азуркін, 2002; Яременко, 2008; Зенин, 2006; Фадеев, 2011).

Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що використання для сівби великого, середнього і дрібного насіння забезпечує неоднакову продуктивність посівів. Найбільш врожайне насіння – середнє та крупніше від середнього. До того ж, воно повною мірою відображає всі біологічні властивості сорту. Тому для сівби слід відбирати велике та середнє насіння, а дрібне використовувати на корм (Бабич, 1978; Овчаров, 1969; Івашков & Тлишев, 1997; Білоножко та ін., 2001; Логвинов та ін., 2006; Фадеев, 2011).

Результати наших досліджень вказують на тісний взаємозв'язок між різноякісністю насіння і масою 1000 насінин. Важливе значення при цьому має не тільки місце формування їх на рослині, але і розмір і вага насіння. Насінини однакового розміру, але з різних частин колоса мають різну життєздатність. Вища вона в насінні, що формується в середній частині колоса. Таке насіння формується крупним, з високою схожістю оскільки утворюється в колосі першим, і це більше впливає на його життєздатність, ніж розмір, як свідчать наші результати досліджень (табл. 2).

Таблиця 2

Посівні якості насіння пшениці м'якої ярої різного розміру,

середнє за 2004-2006 рр. (Каленська С. М., Новицька Н. В.)

Розмір насіння	Маса 1000 насінин, г	Лабораторна схожість, %	Сила росту				Полева схожість, %
			кількість паростків, що пробилися на поверхню через 10 діб, %	довжина паростка, см	суха вага 100 паростків, г	суха вага 100 коренів, г	
Колективна 3							
Некаліброване (контроль)	43,7	97	87	21,0	0,890	0,558	86,9
Крупне	53,7	96	92	23,4	1,015	0,625	89,7
Середнє	44,5	96	87	21,6	0,843	0,524	88,1
Дрібне	32,9	96	86	20,0	0,798	0,453	84,8
Рання 93							
Некаліброване (контроль)	40,6	96	91	21,2	0,882	0,667	88,0
Крупне	49,5	97	93	22,4	0,943	0,750	91,1
Середнє	41,9	96	92	21,5	0,865	0,670	90,0
Дрібне	31,8	96	80	19,6	0,823	0,560	87,1
НІР0,05	4,4	0,9	2,1	1,7	0,112	0,145	2,0

Різні за розміром та вагою насіння для свого проростання вимагає таких же умов зовнішнього середовища, зокрема різного часу набухання насіння у воді (Vitor et al., 2016). Кількість насіння, що повільно поглинає воду, а також час набухання сильно коливаються залежно від культури і сорту (Клыков, 1963; Богданов, 1988; Кравченко, 2010). При проростанні різного за розміром насіння різниця в його схожості проявляється з моменту початку поглинання води, оскільки остання є не лише середовищем, що створює сприятливі умови для біохімічних реакцій, а й сама бере безпосередню участь у багатьох процесах обміну (Satyanarayana et al., 2011). Різниця в кількості поглиненої води між окремими насінинами може становити 5-10 % і більше (Богданов, 1988; Wahid & Bounoua, 2013). З огляду на це, в насінинах, що неоднаково поглинають воду, абсолютно різні

швидкість біохімічних реакцій. Це впливає на весь подальший хід розвитку і росту рослин (Кизилова, 1974; Фирсова, 1978) та фітоценозу в цілому. Одним із проявів різноякісності за часом набухання насіння є формування у фітоценозі різновікових рослин, несинхронність їх розвитку упродовж періоду вегетації та нерівномірність досягання (Юнусов, 1999; Шпаар та ін., 2001).

Дослідженнями Кіндрука М.О. зі співавторами [8], проведеними в Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення НААН встановлено, що найкраще зберігається насіння озимої пшениці, вирощене в умовах, які сприяють формуванню високих урожайних властивостей (табл. 32). Зокрема, формуванню насіння кращої якості (1997-1998 рр.) сприяли помірна температура та відносна вологість повітря, особливо у ранній період (молочна стиглість), та достатня кількість атмосферних опадів. Висока температура повітря ($+25^{\circ}\text{C}$ і вище) в період від колосіння до воскової стиглості озимої пшениці (близько 26 днів у 1999 р.), негативно вплинула на посівні якості насіння і масу 10-денних паростків (1999 р.).

У процесі формування на материнській рослині насіння відчуває вплив тих умов, які складаються в період його вегетації. А всі акумульовані ним зміни визначають життя майбутнього покоління та його продуктивність. Навіть за нормального розвитку рослин зберігається невіривняність продукowanego ними насіння, що залежить від його розміщення в межах суцвіть і плодів (Кулешов, 1963; Шпаар та ін., 2001). З неоднорідного насіння розвиваються різні за потужністю рослини. Вони неоднаково реагують на фактори фізичної, хімічної та біогенної природи. При цьому відомо, що морфологічні особливості та продуктивність культур залежить від елементів технології вирощування (Попова та ін., 2009; Шпаар та ін., 2001; Швиденко, 2006).

**Життєздатність насіння ярої твердої пшениці, вирощеного
у різні за погодними умовами роки (Кіндрук М.О.)**

Показник проростання насіння	Роки					
	1996	1997	1998	1999	2000	НІР _{0,05}
Альбатрос одеський						
Енергія проростання, %	92	95	94	92	93	1,35
Лабораторна схожість, %	94	98	97	95	96	1,96
Сила росту*, %	91	95	95	92	94	1,99
Маса 100 сухих ростків*, г	0,85	0,98	0,96	0,89	0,90	0,08
Маса 100 сухих корінців*, г	0,31	0,46	0,45	0,37	0,37	0,07
Федорівка						
Енергія проростання, %	93	97	95	94	94	1,45
Лабораторна схожість, %	95	98	97	96	96	1,98
Сила росту, %	92	95	96	94	94	1,89
Маса 100 сухих ростків, г	0,88	1,07	1,04	0,91	0,95	0,11
Маса 100 сухих корінців, г	0,35	0,46	0,43	0,39	0,42	0,09

* Силу росту, масу ростків та корінців визначали у 10-денних паростків.

Одне й те ж насіння, висіяне в різних ґрунтово-кліматичних умовах, може дати врожай, який вирізнятиметься за хімічним складом, виповненістю, розміром та іншими показниками. Різниця врожаю одного й того ж сорту, отриманого в різних пунктах, значно перевищує сортові відмінності не лише у рік сівби за різної місцевості, а й при пересіві в однакових умовах. Наслідки умов вирощування мають короткочасний характер, і різниця врожаю за сівби насіння м різного походження згладжується вже в другому пересіві (Фирсова, 1978; Кадычegov & Бородыня, 2001; Золотарёв та ін., 2012; Марченко, 2007).

В результаті досліджень посівних якостей насіння пшениці м'якої ярої залежно від його розміру науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що лабораторна схожість насіння практично однакова в усіх фракціях, польова ж схожість його зменшується зі зменшенням маси 1000 насінин. Дані польової схожості насіння різного розміру показують, що велике й середнє насіння має значно вищу схожість, ніж дрібне. Так, у сорту

Колективна 3 польова схожість насіння крупного розміру становила 89,7 %, перевищуючи схожість некаліброваного насіння середньої проби на 2,8 %, схожість мілкої фракції насіння на 4,9 %. У сорту Рання 93 ця різниця була ще більшою – 3,1 та 4,0 %.

Показники сили росту насіння, зокрема вага сухих проростків та їх коренів, теж суттєво залежали від розміру насіння і набагато вищими були у крупного насіння . Отримані дані переконливо свідчать, що для одержання високої польової схожості, а також високого врожаю необхідно мати вирівняний матеріал, очищений від дрібного й щуплого насіння .

Визначення впливу матрикальної різноякісності зернових бобових культур на посівні та врожайні властивості, зокрема вплив різного місцезнаходження насіння на материнській рослині (нижнього, середнього і верхнього ярусів, суцвіття з центрального стебла та бічних пагонів) та діаметра (< 4 , $4-5$, $5-6$, $6-7$ і > 7 мм), досліджували на прикладі насіння сої сорту Аннушка впродовж трьох років.

Встановлено, що матрикальна різноякісність насіння сої має суттєвий вплив на посівні властивості та урожайність в післядії (рис. 6). Маса 1000 насінин сої сорту Аннушка залежно від діаметра склала: < 4 мм – до 58,2 г (дуже дрібне); $4-5$ мм – до 95,8 г (дрібне); $5-6$ мм – 122,5 г (середнє); $6-7$ мм – 158,7 г (крупне); > 7 мм – більше 176,7 г (дуже крупне), контроль – некаліброване насіння середньої проби з масою 1000 насінин 118,9 г.

У великому насінні процеси новоутворення життєво необхідних сполук протікають інтенсивніше, що значно залежить від вмісту в них більшої кількості запасних фізіологічно активних сполук і від якісного складу цих речовин. Такий запас речовин не тільки створює сприятливі умови для активізації біохімічних процесів у проростаючому насінні, але і прискорює їх перехід на автотрофний тип живлення. У цей період в проростках великого насіння інтенсивніше асимілюються вуглекислоти і мінеральні елементи. Сильно розвинена коренева система цих проростків сприяє не лише більшому поглинанню елементів мінерального живлення і води, а й

посиленню синтетичних процесів у коренях і в надземних частинах (Іллінська-Центилович & Тетеряченко, 1961; Овчаров, 1966; Шпаар та ін., 2001).

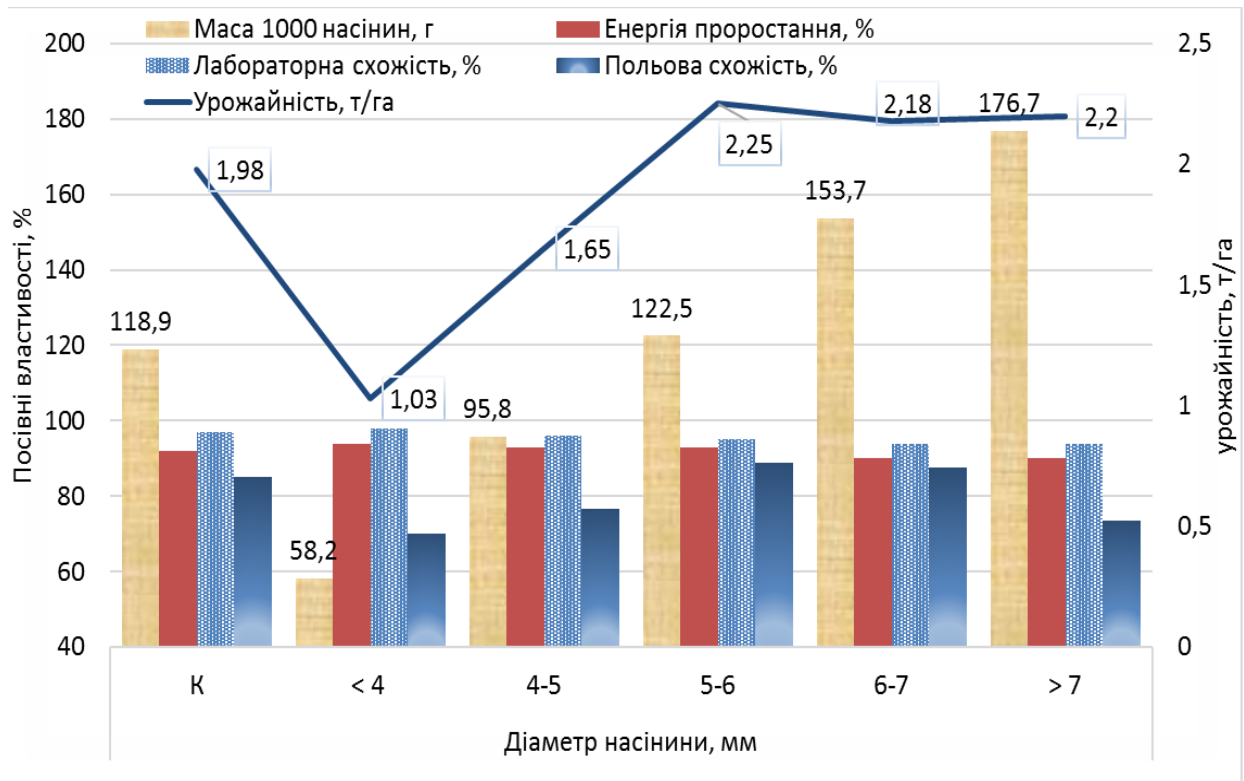


Рис. 6 – Посівні властивості насіння та урожайність сої сорту Аннушка залежно від діаметра насіння, середнє за 2008-2010 рр. (Новицька Н. В.)

становлено, що вміст жиру в насінні сої сорту Аннушка залежно від його діаметра варіював у межах 1,5 %, білка – в межах 0,9 %. У дрібному насінні, порівняно з середнім і крупним, нагромаджувалося менше жиру на 0,5-1,5 % і більше білка – на 0,2-0,9 %. насіння середнього розміру з діаметром 5–6 мм перевершувало за вмістом жиру насіння як некаліброване насіння сої середньої проби, так і насіння дрібного і крупного розмірів, поступаючись останній за вмістом білка. Дрібне насіння сої сорту Аннушка, незважаючи на вищі посівні якості, в польових умовах за ознаками польової схожості та урожайності мало перевагу лише в несприятливій за

вологозабезпеченням посушливі роки. Вищу польову схожість (84,5 %) мало насіння середнього розміру з діаметром 5–6 мм.

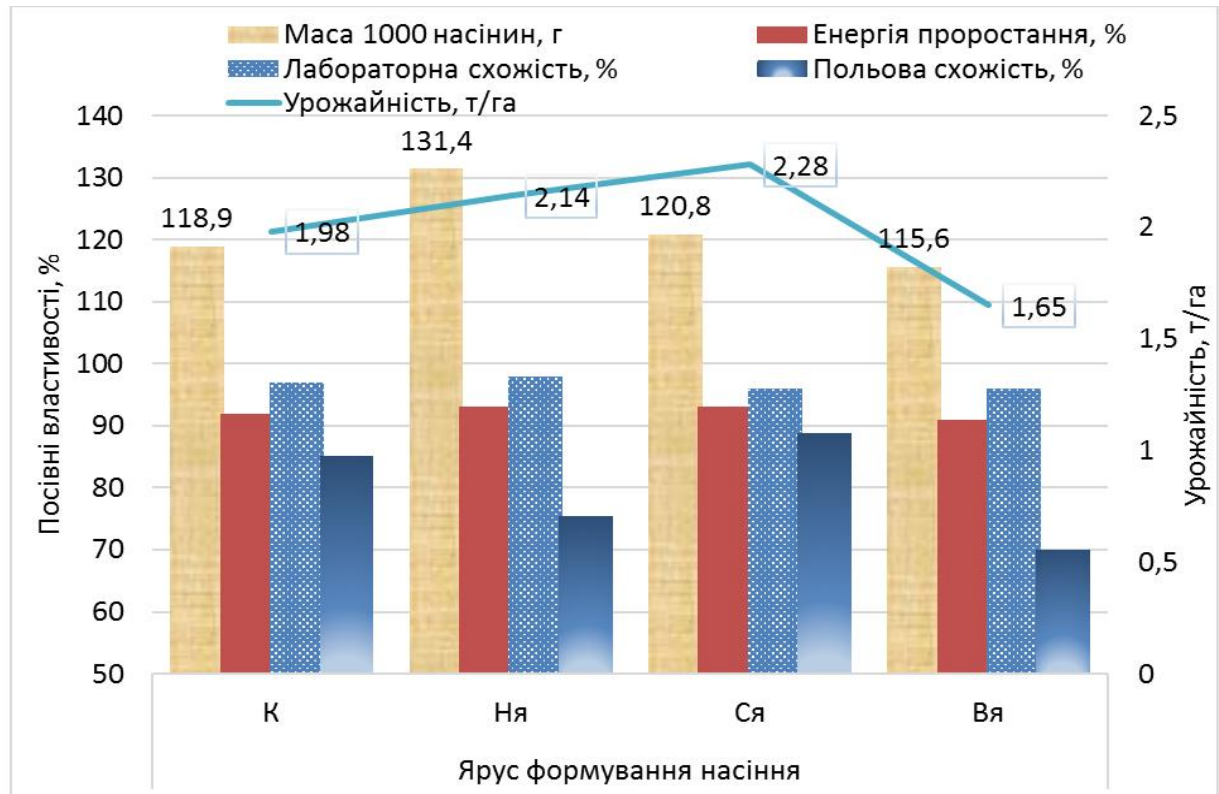
Вищу урожайність – 2,18–2,25 т/га формували посіви сої сорту Аннушка, отримані з середнього та крупного насіння. Порівняно з крупним, врожайні властивості середнього насіння були вищими, особливо в роки з несприятливими погодними умовами весняного періоду.

Матрикальна різноякісність насіння насамперед значно впливає на його посівні якості. Це пов'язано не лише з розміром, але й з фізіологічним станом насіння і зародка. При цьому чіткої залежності мінерального складу насіння від місця його формування на рослині та в суцвітті не виявлено (Золотарёв та ін., 2012; Новицкая & Гарбар; 2008). Залежно від місця формування насіння на материнській рослині істотно варіює його польова схожість (Попова та ін., 2009; Кононков & Губкин, 1986). насіння, сформоване на материнській рослині в першій половині репродукційного періоду, навіть за однакової крупності з тим, що формується пізніше, має вищу енергію проростання, потужність проростків та дає дружні сходи. Матрикальна різноякісність насіння проявляється також зміною показників структури врожаю та архітекtonіки рослин фітоценозу (висота, кількості гілок, бобів, насіння, висота прикріплення нижніх бобів тощо). Зростання ярусу формування насіння на материнських рослинах може спричинити зменшення висоти рослин у наступному поколінні (Волощук, 2008; Новохацький, 2011; Абаев, 2012).

Залежно від матрикальної різноякісності посівні якості насіння, зокрема енергія проростання та лабораторна схожість, відрізнялися в межах похибки досліду. Маса 1000 насінин сої помітно знижувалася з підвищенням ярусу утворення на рослині. Так, насіння сої нижнього ярусу мало в середньому за роки досліджень масу 1000 насінин 131,4 г, середнього – 120,8 г, верхнього – 115,6 г при 118,9 г на контролі.

Вищі посівні властивості мало дрібне та середнє насіння і насіння середнього ярусу формування, в нижньому ярусі формувалося крупне

насіння, яке більше травмувалося і мало нижчі посівні властивості. Польова схожість насіння з верхнього ярусу рослин становила 74,4 %, з нижнього – 70,8 або на 11,2 та 14,8 % менше відносно контролю (85,6 %). Вищу урожайність – 2,14–2,28 т/га формували посіви сої сорту Аннушка, отримані з нижнього та середнього ярусу утворення бобів (рис. 7).



Примітка: К – контроль (середня проба насіння), Ня – нижній ярус формування бобів, Ся – середній ярус, Вя – верхній ярус

Рис. 7 – Посівні властивості насіння та урожайність сої сорту Аннушка залежно від матрикальної різноякісності, середнє за 2008-2010 рр. (Каленська С.М., Новицька Н.В.)

В роки вивчення спостерігалася чітка закономірність у формуванні вмісту білка і жиру в насінні сої залежно від місця утворення на материнській рослині. Вміст білка в насінні знаходився в прямій, а жиру – в зворотній залежності від висоти формування його на рослині. Так, найменше білка нагромаджувалося в насінні нижнього ярусу – 34,4 %. У насінні середнього і верхнього ярусів білка було більше на 1,5 і 3,7 % відповідно.

Вміст жиру в насінні сої, навпаки, знижувався від нижнього ярусу до верхнього і становив: 21,2 % – у нижньому ярусі, 20,3 % – середньому, 18,8 % – у верхньому. Більш високі посівні якості дрібного насіння і насіння середнього ярусу пов'язані, ймовірно, з тим, що вони містять більше білка. Крім того, крупне насіння, яке формується в нижньому ярусі, травмується при збиранні і уражується фузаріозом, що знижує його посівні якості. Залежно від місця формування (центральне стебло, бічні пагони), вищі посівні якості мало насіння сої з центрального стебла: середня врожайність – 2,27 т/га, з бічних – 2,03 т/га.

У польових умовах найменша схожість була у крупного насіння – 73,5 % (на 12,1 % менше, ніж на контролі) і у насіння нижнього ярусу рослин – 70,8 % (на 14,8 % менше, ніж на контролі). Таку низьку польову схожість можна пояснити як нижчими посівними якістьми (травмованість, ураження хворобами), так і значно вищими потребами такого насіння у волозі для процесів набубнявіння і проростання. При надмірній кількості вологи в посівному шарі в період сівба-сходи на третій рік дослідження польова схожість крупного насіння лише на 2,2 % була нижчою, ніж на контролі, що на 3,4 % менше, ніж у насіння середнього розміру, та на 2,5 % більше, ніж у дрібного. Крім того, вищими врожайними властивостями відносно контролю володіло насіння, яке формувалося на рослині першим (нижнього ярусу) – приріст врожаю за сівби насіння м з нижнього ярусу склав 0,27 т/га, з середнього – 0,35 т/га. Результати проведених досліджень підтверджують думку науковців (Абаев, 2012; Новохацький, 2011), що вищі посівні та урожайні властивості має насіння зернобобових культур середнього та крупного розмірів з середнього ярусу та головного стебла формування на рослині.

Недоцільно розмежовувати генотипову та матрикальну різноякісність, оскільки на материнській рослині мають місце відмінності насіння як за спадковими, так і неспадковими властивостями (Васильковский, 1973; Кіндрок, 2003; Абаев, 2012). Необхідно враховувати і фактор різновіковості

(надто у рослин та сортів з довгим вегетаційним періодом). Неодночасність цвітіння і появи репродуктивних органів є одним з чинників, що обумовлюють біологічну неоднорідність насіння (Кизилова, 1974; Шпаар та ін., 2001). Вікові зміни призводять до формування різноякісних статевих елементів, що позначається на фізіологічних властивостях насіння. Крім того, утворення і розвиток насіння на рослині відбувається не одночасно, а іноді упродовж декількох тижнів і місяців, що також не може не позначитися на швидкості та якості фізіологічних процесів. Воно яскраво проявляється на насінні, що формується на одному стеблі, особливо на різних плодових пагонах (Овчаров & Кизилова, 1966; Сусський & Кліценко, 2001). Різко вираженою нерівномірністю, зумовленою розтягнутим періодом цвітіння суцвіть різних ярусів, характеризується процес дозрівання насіння сої та інших бобових культур, гречки, сорго та ін. Наслідком цього є яскраво виражена різноякісність насіння (Кліценко, 2008; Лещенко та ін., 1985).

3.2 Трофічна різноякісність насіння сільськогосподарських культур

Неодночасність формування насіння у початках, колосках, волоті, коробочках є одним з факторів, що обумовлює формування різноякісного насіння. Це пов'язано як з екологічними факторами (інтенсивність і якість світла, тривалість освітлення, температура, волога та ін.), так і з технологічними чинниками. Науковці (Лапука & Лалука, 1991; Новицька, 2008; Судденко & Каленська, 2015; Молдован та ін., 2018) схиляються до необхідності внесення під насінницькі посіви помірних норм мінеральних добрив, особливо азотних, та на негативну післядію надлишкового азотного живлення, яка проявляється у зниженні врожайності культур наступного покоління. Система удобрення материнських рослин по-різному впливає на формування посівних та врожайних властивостей польових культур, викликаючи явище трофічної різноякісності.

Дослідження трофічної різноякісності насіння пшениці ярої шляхом визначення впливу норм внесення азотних мінеральних добрив на формування посівних та врожайних властивостей дозволили встановити, що врожайність пшениці ярої зростала при підвищенні норми внесення азоту від 30 до 90 кг/га (табл. 2). Приріст врожаю при цьому варіював від 0,54 до 2,18 т/га. Найвища врожайність пшениці ярої відмічена при внесенні N90: сорт Соната – 4,03 т/га, Колективна 3 – 3,78 т/га, Елегія Миронівська – 4,86 т/га, Ізольда – 3,09 т/га та Букурія – 3,40 т/га.

Порівнюючи сортову реакцію на дію азотних добрив, слід відмітити, що сорт пшениці м'якої Елегія Миронівська досить сильно реагує на азотне живлення і реакція біологічного потенціалу культури зростає зі збільшенням норми внесення добрив: на фоні N30 – 3,36 т/га; N60 – 4,74 т/га; N90 – 4,86 т/га при врожайності на контролі без добрив – 2,68 т/га та сорт пшениці твердої Букурія: при внесенні N30 – 2,33 т/га; N60 – 3,25 т/га; N90 – 3,40 т/га при врожайності на контролі без добрив – 1,24 т/га.

Маса 1000 насінин підвищувалася відповідно зі збільшенням норми внесення азоту і за внесення N90 складала: 38,1 г у сорту Соната, 44,6 г у сорту Колективна 3 та 49,3 г у сорту Елегія Миронівська. У пшениці твердої вища маса 1000 насінин відмічена при роздрібному внесенні азотних добрив N30+N30 (II е.о.): у сорту Ізольда – 51,1 г і сорту Букурія – 49,1 г.

Врожайність пшениці ярої, вирощеної на наступний рік без внесення добрив для встановлення впливу трофічної різноякісності на врожайність культури в післядії, суттєво не змінювалася залежно від удобрення материнських рослин і була на рівні контролю. При цьому врожайність на ділянках без внесення добрив в середньому за роки проведення досліджень варіювала в досить вузьких межах і змінювалася лише на 2-12 кг/га, очевидно під дією погодно-кліматичних умов року.

**Посівні властивості насіння та врожайність пшениці ярої залежно
від удобрення материнських рослин, середнє за 2004–2007 рр.**

(Новицька Н.В., Антал Т.В., Шутий О.В.)

Система удобрення материнських рослин, фактор В	Врожайність в рік виросування, т/га	Маса 1000 насіни, г	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Врожайність у післядії, т/га
Соната (Tr. aestivum)					
1. Без добрив (контроль)	1,62	39,6	92	98	1,65
2. N30	2,79	34,3	92	98	1,72
3. N60	3,89	32,8	90	97	1,66
4. N90	4,03	38,1	87	95	1,63
5. N30 + N30 (II е.о.)	3,80	35,7	92	98	1,73
Колективна 3 (Tr. aestivum)					
1. Без добрив (контроль)	1,75	41,7	92	98	1,77
2. N30	2,29	42,4	90	97	1,76
3. N60	3,53	43,0	89	96	1,70
4. N90	3,78	44,6	88	96	1,69
5. N30 + N30 (II е.о.)	3,57	43,1	91	99	1,79
Елегія Миронівська (Tr. aestivum)					
1. Без добрив (контроль)	2,68	45,4	93	99	2,56
2. N30	3,36	46,5	93	99	2,59
3. N60	4,74	48,0	92	98	2,57
4. N90	4,86	49,3	90	97	2,52
5. N30 + N30 (II е.о.)	4,44	47,2	92	100	2,67
Ізольда (Tr. durum)					
1. Без добрив (контроль)	1,33	45,7	88	94	1,42
2. N30	2,50	49,8	86	93	1,48
3. N60	3,06	50,2	87	93	1,42
4. N90	3,09	50,7	81	92	1,37
5. N30 + N30 (II е.о.)	2,99	51,1	86	97	1,41
Букурія (Tr. durum)					
1. Без добрив (контроль)	1,24	45,1	87	94	1,22
2. N30	2,33	46,5	85	92	1,28
3. N60	3,25	47,1	83	90	1,22
4. N90	3,40	48,2	82	89	1,09
5. N30 + N30 (II е.о.)	3,01	49,1	82	92	1,29

NIP0,05, ц/га для середніх 1,2

Врожайність пшениці ярої, вирощеної при внесенні азотних добрив, була вищою в середньому на 0,02-2,34 т/га за врожайності на цих же ділянках дослідів, вирощених без внесення добрив. Слід відмітити, що при удобренні пшениці ярої азотними добривами в нормі N90 отримано найвищий приріст врожаю в рік внесення добрив, однак в подальшому, в післядії добрив, врожайність культури суттєво знижувалася.

За вирощування пшениці ярої з внесенням азотних добрив у нормі N90 зафіксовано зниження посівних якостей насіння – енергії проростання та лабораторної схожості, що очевидно вплинуло на врожайність культури, вирощеної на наступний рік без внесення добрив (рис. 8).

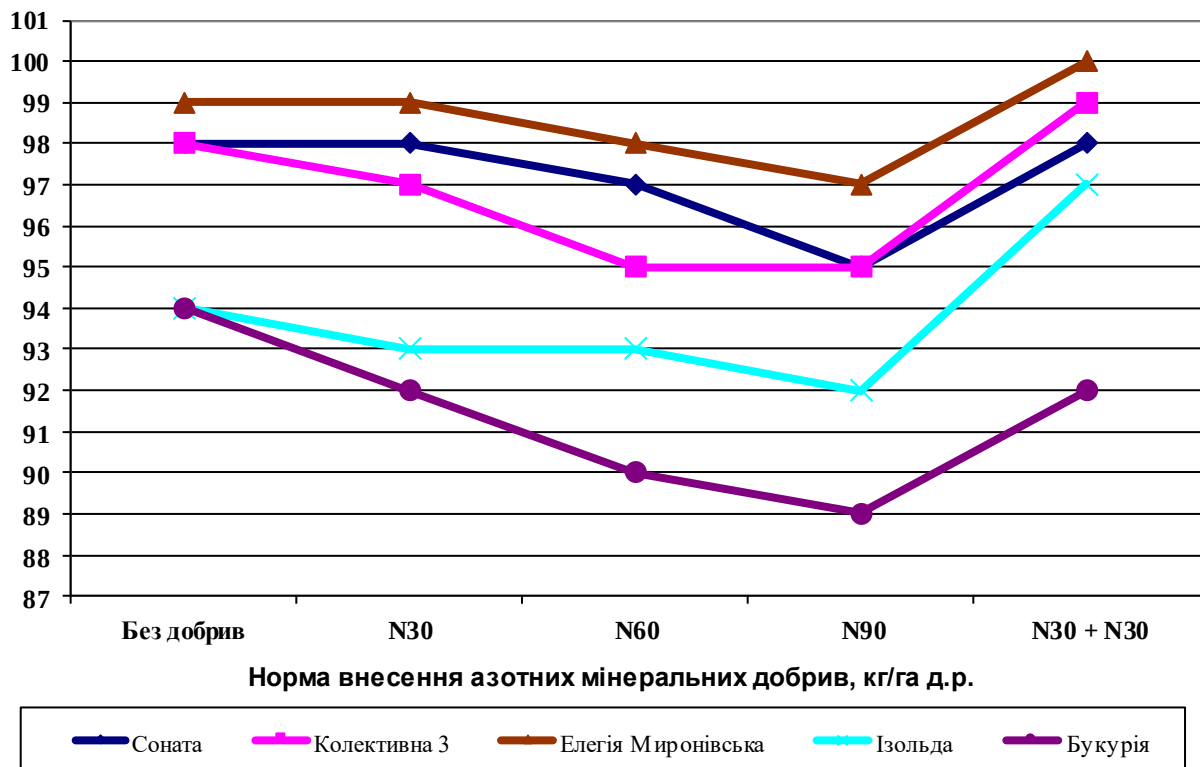


Рис. 8 – Лабораторна схожість насіння пшениці ярої залежно від норми азотних добрив, середнє за 2004-2007 рр. (Новицька Н.В., Антал Т.В.)

Найвища лабораторна схожість насіння пшениці ярої відмічена при роздрібному внесенні азоту – 30 кг/га при сівбі та 30 кг/га в підживлення на II етапі органогенезу рослин. Так, у сорту пшениці ярої м'якої Соната

лабораторна схожість насіння, вирощеного при внесенні азоту N30+N30 (II е.о.), склала 98 %, у сорту Колективна 3 – 99 %, у сорту Елегія Миронівська – 100 %. Лабораторна схожість насіння твердої пшениці сорту Ізольда за внесення азотних добрив N30+N30 склала 97 %, сорту Букурія – 92 % при 89 % (N90), 90 % (N60), 92 % (N30) та 94 % (без добрив).

Паралельно з проведеними вище дослідженнями з вивчення норми внесення лише азотних мінеральних добрив, у 2004-2007 рр. ми здійснювали дослідження зі встановлення впливу норми внесення повного мінерального добрива на формування посівних та врожайних властивостей насіння пшениці твердої ярої. На підставі проведених нами досліджень можна зробити висновок, що збільшення норми внесення мінеральних добрив знижує енергію проростання та лабораторну схожість пшениці твердої ярої (табл. 3).

Посівні якості насіння зразків ярої пшениці, зокрема лабораторна схожість та енергія проростання, залежали від збільшення норми внесення добрив. Очевидно, підвищення норм внесення мінеральних добрив призводять до зменшення числа нормально розвинених проростків пшениці зокрема. Так, у сорту Ізольда енергія проростання насіння за вирощування без внесення добрив склала 92 %, а далі знижувалась до 80 % при внесенні добрив у нормі N120P120K120.

Лабораторна схожість насіння сорту Ізольда була максимальною при внесенні фосфорно-калійних добрив в нормі P60K60 – 97 % та помірної норми повного мінерального добрива N30P30K30+N30(IV) – 98 %. Порівнюючи сортову реакцію ярої твердої пшениці, слід відмітити, що сорт Ізольда характеризувався вищими посівними якістьми насіння упродовж років досліджень.

**Посівні властивості насіння та врожайність пшениці твердої ярої
залежно від удобрення материнських рослин, середнє за 2004-2007 рр.
(Новицька Н.В., Антал Т.В.)**

Система удобрення материнських рослин, фактор В	Сорт, фактор А									
	Ізольда					Букурія				
	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Сила росту			Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Сила росту		
			кількість паростків, що пробілися на поверхню через 10 діб, %	суха вага 100 паростків, г	суха вага 100 коренів, г			кількість паростків, що пробілися на поверхню через 10 діб, %	суха вага 100 паростків, г	суха вага 100 коренів, г
Без добрив (контроль)	92	94	86	0,34	0,57	90	93	82	0,25	0,61
II-N30IV-N30	91	95	92	0,40	0,63	92	94	88	0,30	0,65
P60K60	97	97	95	0,37	0,69	95	95	89	0,35	0,59
N30P30K30	93	94	90	0,31	0,64	93	94	80	0,31	0,64
N30P30K30+N30(IV)	96	98	91	0,36	0,57	95	96	90	0,34	0,61
P60K60+N30(IV)+N30(X)	92	95	89	0,35	0,63	93	97	88	0,34	0,61
P60K60+N30(II)+N30(IV)	95	97	91	0,35	0,52	91	95	90	0,34	0,61
N60P60K60	96	97	90	0,34	0,60	92	95	86	0,28	0,60
N60P60K60+N30(IV)	91	93	86	0,34	0,56	92	94	86	0,30	0,60
N90P90K90	92	94	88	0,34	0,60	90	96	85	0,30	0,59
N90P90K90+N30(IV)	87	96	83	0,34	0,61	85	94	82	0,30	0,60
N120P120K120	80	87	84	0,30	0,64	81	89	78	0,26	0,62
N120P120K120+N30(IV)	89	91	81	0,30	0,59	80	92	77	0,31	0,62
НІР 0,05	2,8	2,1	2,4	-	-	2,2	1,8	2,0	-	-

Дослідження вмісту основних макроелементів в насінні ярого ріпаку свідчать, що залежно від мінеральних добрив вміст азоту в насінні зростає від варіанту без внесення добрив (2,76-3,38 % від вмісту сухої речовини

залежно від сорту) до варіанту з внесенням максимальної в наших дослідженнях норми азоту – 120 кг/га (2,97-3,50 % від вмісту сухої речовини залежно від сорту) та варіанту з внесенням 90 кг/га азоту під передпосівну культивуацію та 30 кг/га азоту в підживлення (2,95-3,65 % від вмісту сухої речовини залежно від сорту).

Вміст фосфору в насінні ярого ріпаку варіює в незначних межах залежно від внесених норм добрив – від 0,71 % до 0,80 % від вмісту сухої речовини, і чіткого збільшення його вмісту відповідно до кількості внесеного фосфору не зафіксовано. Подібна тенденція спостерігається і за вмістом в насінні ріпаку калію, який не залежить від норми внесення калійних добрив і варіює в межах 0,800-0,925 % від сухої речовини. Максимальне накопичення фосфору (0,78-0,80 % від сухої речовини) та калію (0,900-0,925 % від сухої речовини) в насінні ярого ріпаку зафіксовано за найменшого вмісту азоту – N30P20K35. Надалі, зі збільшенням в насінні ріпаку вмісту азоту вміст фосфору та калію знижується. Високі посівні якості (енергія проростання та лабораторна схожість) зафіксовано у насінні ріпаку ярого сортів Марія, Оксамит, Калинівський та Клітинний-8, вирощеного без добрив та за внесення помірних норм мінеральних добрив N60 та N30P20K35 (табл. 4).

Так, енергія проростання насіння за удобрення рослин ярого ріпаку N30P20K35 була найвищою, в межах 90-93 % залежно від сорту, а лабораторна схожість досягала 95-96 %. Зі збільшенням норми внесення мінеральних добрив посівні якості насіння ріпаку ярого всіх досліджуваних сортів знижувалися. За удобрення материнських рослин в нормі N120P80K140 лабораторна схожість насіння виявилась найнижчою – 83,7 % у сорту Марія, 84,3 % у сорту Оксамит, 91,9 % у сорту Калинівський та 90,8 % у сорту Клітинний-8. Вища польова схожість насіння ріпаку ярого, на рівні 83-89 % залежно від сорту, в наших дослідженнях відмічена у насіння з високими посівними якостями, вирощеного без добрив та за внесення помірних норм мінеральних добрив.

**Посівні властивості насіння та врожайність ріпаку ярого залежно від
удобрення материнських рослин, середнє за 2004-2007 рр.**

(Новицька Н.В., Гарбар Л.А., Юник А.В.)

Сорт, фактор А	Система удобрення материнських рослин, фактор В	Вміст в насінні, % від сухої речовини			Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Польова схожість, %	Врожайність у післядії, т/га
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
Марія	Без добрив (контроль)	3,00	0,75	0,83	90,9	94,6	83,7	1,50
	N60	3,37	0,79	0,90	91,2	95,4	91,8	1,56
	N30P20K35	2,63	0,80	0,93	93,2	96,5	90,9	1,61
	N60P40K70	3,07	0,74	0,85	81,2	87,6	70,3	1,59
	N90P60K105	3,04	0,77	0,88	87,6	91,8	71,2	1,58
	N120P80K140	3,50	0,75	0,88	76,8	83,7	66,3	1,65
	N90P60K105 + N30	3,65	0,72	0,88	76,6	90,9	70,5	1,67
НІР0,05								0,10
Оксамит	Без добрив (контроль)	3,38	0,72	0,85	88,3	90,3	85,0	1,41
	N60	3,06	0,74	0,90	89,4	91,8	89,0	1,43
	N30P20K35	3,05	0,79	0,90	90,6	95,3	82,3	1,44
	N60P40K70	3,06	0,73	0,88	87,3	92,3	68,5	1,49
	N90P60K105	3,15	0,71	0,83	80,8	89,5	66,8	1,52
	N120P80K140	3,33	0,73	0,86	70,0	84,3	72,1	1,46
	N90P60K105 + N30	3,52	0,72	0,85	79,2	87,4	75,3	1,58
НІР0,05								0,09
Калинівський	Без добрив (контроль)	2,92	0,76	0,90	89,9	94,9	84,7	1,23
	N60	3,05	0,75	0,88	90,8	94,3	86,5	1,21
	N30P20K35	2,87	0,79	0,90	91,3	95,0	84,3	1,25
	N60P40K70	3,03	0,77	0,87	89,9	94,4	80,3	1,22
	N90P60K105	3,20	0,73	0,83	82,1	92,3	72,4	1,26
	N120P80K140	3,27	0,74	0,88	78,5	91,9	71,6	1,28
	N90P60K105 + N30	3,18	0,75	0,85	88,6	92,9	73,0	1,30
НІР0,05								0,03
Клітинний-8	Без добрив (контроль)	2,76	0,75	0,84	90,2	94,5	85,1	1,08
	N60	3,00	0,77	0,86	90,6	96,3	88,5	1,10
	N30P20K35	2,65	0,78	0,92	92,3	96,8	89,8	1,05
	N60P40K70	2,85	0,73	0,86	87,9	93,7	75,7	1,08
	N90P60K105	2,90	0,74	0,83	81,0	92,1	64,4	1,10
	N120P80K140	2,97	0,75	0,89	84,7	90,8	80,8	1,08
	N90P60K105 + N30	2,95	0,73	0,84	80,2	93,8	76,3	1,14
НІР 0,05								0,05

Досліджуючи залежність посівних якостей насіння – енергії проростання та лабораторної схожості від вмісту NPK в насінні ріпаку ярого, нами встановлена певна закономірність. Високий вміст фосфору та калію на фоні низького вмісту азоту в насінні сприяв підвищенню лабораторної схожості насіння ріпаку ярого. Раніше нами було зафіксовано, що найвищу лабораторну схожість мали зразки насіння, вирощені за внесення помірних норм мінеральних добрив. Внесення під материнські рослини ріпаку ярого мінеральних добрив у нормі N30P20K35 є кращим для одержання насіння з високими посівними якостями, оскільки за даних умов в насінні зафіксовано оптимальне для проходження ростових процесів співвідношення азоту, фосфору та калію, оскільки як свідчать результати досліджень інших вчених (Ижик, 1976; Матюшенко & Весна, 1990; Кавунець та ін., 2005), фосфор та калій сприяють інтенсивності ростових процесів.

Врожайність насіння ріпаку ярого, одержаного з материнських рослин без внесення мінеральних добрив, була нижчою за врожайність насіння, одержаного з рослин, вирощених за умов внесення добрив залежно від сорту. Найгостріше на післядію добрив реагував сорт ярого ріпаку Марія. Так, максимальна різниця між врожайними даними, отриманими з насіння з внесенням добрив та без застосування добрив по варіантам досліджень досягала 0,17 т/га. Найменший вплив вирощування без внесення добрив на врожайність зафіксовано в сорту Клітинний-8. За даних умов врожайність ріпаку, вирощеного без застосування систем удобрення, була лише на 0,06 т/га нижчою за врожайність в умовах внесення мінеральних добрив.

Вища врожайністю ріпаку ярого відмічена на ділянках досліду, де материнські рослини були вирощені з нормою внесення N90P60K105+N30. В даному випадку врожайність сорту Марія склала 1,67 за 1,50 т/га на контролі без добрив. У сорту Оксамит врожайність за вирощування материнських рослин з нормою внесення N90P60K105+N30 склала 1,58 т/га, сорту Калинівський – 1,30 т/га, сорту Клітинний-8 – 1,14 т/га. Вирощування материнських рослин ріпаку ярого з нормою внесення N90P60K105+N30 є

більш ефективним для забезпечення необхідними макроелементами насіння за умови вирощування на наступний рік без застосування добрив. В цілому слід відмітити сорт ярого ріпаку Марія, який характеризувався вищими врожайними та посівними якостями в усі роки проведення досліджень.

Рослини формують високі врожаї та якісний посівний матеріал ріпаку тільки за сприятливих умов вирощування, тому важливим є значення кожного з елементів технології вирощування (попередник, строк і спосіб сівби, норма висіву, система удобрення, система захисту рослин від шкідників та хвороб). Один із визначальних факторів формування високоякісного посівного матеріалу – це удобрення. Для насіннєвих посівів ріпаку особливо важливою є збалансованість рухомих форм азоту, фосфору та калію. За надлишкового азотного живлення зростає різноякісність насіння, знижується маса 1000 насінин та сила початкового росту, стійкість до ураження хворобами. Найкраще за посівними якостями насіння ріпаку отримують за середньої та вище середньої забезпеченості рухомих фосфором та обмінним калієм, а також за помірних норм внесення мінерального азоту (Никитчин, 1996; Шпаар та ін., 1999; Мельник, 2007; Бучинський, 2010).

Ріпак – модельний об'єкт для дослідження трофічної різноякісності насіння. Високі посівні властивості насіння формуються за вирощування без добрив або за внесення помірних норм мінеральних добрив N60 та N30P20K35 (табл. 5). Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що високі норми висіву призводять до утворення меншої кількості гілок на рослинах та формування на них меншої кількості стручків, а в комплексі з підвищеними нормами добрив та достатнім зволоженням – до витягання рослин внаслідок їх конкуренції та вилягання. Посівні якості насіння ріпаку ярого суттєво залежали від місця розміщення стручка на рослині. Цвітіння китиці ріпаку починається з нижньої його частини, поступово просуваючись вгору та на бічні пагони. Аналогічно до цвітіння відбувається і формування стручків. Оскільки дозрівання починається з верхньої частини рослин донизу, стручки, сформовані на середніх та нижніх

ярусах, триваліший час накопичують метаболіти і є продуктивнішими (Артемов, 1989; Куцегуб & Рожков, 2014; Мельник, 2007).

Таблиця 7

Посівні властивості насіння ріпаку ярого залежно від трофічної та матрикальної різноякісності, середнє за 2009–2011 рр.

(Новицька Н.В., Гарбар Л.А.)

Система удобрення материнських рослин, фактор В	Сорт, фактор А					
	Марія			Сріблястий-1		
	*Еп, %	Лс, %	М1000 , г	Еп, %	Лс, %	М1000 , г
Нижній ярус китиці, фактор С						
Без добрив (контроль)	93	94	3,11	90	90	3,00
N30P15K30	93	94	3,12	89	91	3,03
N45P30K45	96	97	3,16	93	95	3,05
N60P45K60	92	92	3,19	89	90	3,12
N75P60K75	92	94	3,21	89	92	3,16
N90P75K90	91	92	3,24	88	89	3,24
N105P90K105	88	89	3,19	85	87	3,20
Середній ярус китиці, фактор С						
Без добрив (контроль)	92	94	3,23	95	97	3,12
N30P15K30	98	99	3,25	95	96	3,13
N45P30K45	99	100	3,28	99	100	3,15
N60P45K60	97	98	3,31	96	96	3,22
N75P60K75	97	97	3,34	96	97	3,26
N90P75K90	93	94	3,38	94	95	3,35
N105P90K105	91	92	3,32	90	90	3,31
Верхній ярус китиці, фактор С						
Без добрив (контроль)	89	91	2,99	88	89	2,95
N30P15K30	90	92	3,01	90	91	2,99
N45P30K45	94	95	3,02	93	93	3,01
N60P45K60	91	91	3,09	90	91	3,06
N75P60K75	90	92	3,13	90	91	3,12
N90P75K90	86	87	3,16	85	86	3,16
N105P90K105	84	86	3,02	94	86	2,96
НІР 0,05	3	2	0,03	4	3	0,05

*Примітка: Еп – енергія проростання; Лс – лабораторна схожість; М1000 – маса 1000 насінин

Залежно від матрикальної різноякісності, вищими показниками енергії проростання та посівної схожості характеризується насіння, утворене в середній частині стручка. Лабораторна схожість при цьому складала 96,5–99,0 %. Нижчі посівні якості зафіксовано у насіння, утвореного в нижній частині стручка. Вищими посівними якостями характеризувалось насіння, сформоване в середньому ярусі рослини. Залежно від норм удобрення енергія проростання насіння сорту Марія варіювала від 91 % до 99 %, із найвищим показником N45P30K45 (табл. 6). Подальше збільшення норми добрив призводило до зниження як енергії проростання, так і лабораторної схожості, з найнижчим показником N105P90K105. Ця закономірність простежувалась в обох досліджуваних сортів ріпаку ярого. Дещо нижчі показники енергії проростання та лабораторної схожості були отримані в насіння, сформованого на нижньому ярусі суцвіття з аналогічною залежністю до середнього ярусу.

Варто відзначити, що насіння, сформоване в останню чергу (на верхньому ярусі китиці), мало найнижчі як енергію проростання, так і лабораторну схожість. При цьому показники енергії проростання у сорту Марія варіювали від 86 до 94 %, у сорту Сріблястий-1 – від 85 до 93 % з максимальним значенням N45P30K45.

Проаналізувавши показники маси 1000 насінин, варто відзначити, що знову вищі показники було отримано у насіння із середнього ярусу китиці і варіювали, залежно від норм добрив, у сорту Марія – від 2,23 до 3,38 г, у сорту Сріблястий-1 – від 3,12 до 3,35 г з найвищим показником N90P75K90. У верхньому і нижньому ярусах китиці маса 1000 насінин була значно нижчою.

Результати досліджень впливу розміщення насіння в стручку на його посівні якості показали, що вищими показниками енергії проростання та лабораторної схожості характеризується насіння, сформоване в середній частині стручка. Так, енергія проростання в сорту Марія варіювала, під впливом норм удобрення, від 90 до 99 %, а у сорту Сріблястий-1 – від 89 до

98 % з найвищим показником з материнськими рослинами, вирощеними за N45P30K45. Аналогічна тенденція спостерігалась і за визначення лабораторної схожості. Варто відзначити, що підвищення норм добрив понад N45P30K45 призводило до зниження показників посівних якостей насіння обох сортів.

Таблиця 8

Посівні властивості насіння ріпаку ярого залежно від трофічної та матрикальної різноякісності, середнє за 2009–2011 рр.

(Новицька Н.В., Гарбар Л.А.)

Система удобрення материнських рослин, фактор В	Сорт, фактор А					
	Марія			Сріблястий-1		
	*Еп, %	Лс, %	М1000 , г	Еп, %	Лс, %	М1000 , г
Нижня частина стручка, фактор С						
Без добрив (контроль)	94	95	3,10	91	91	2,99
N30P15K30	94	95	3,11	90	92	3,02
N45P30K45	97	98	3,15	94	96	3,04
N60P45K60	93	93	3,18	90	91	3,11
N75P60K75	93	95	3,20	90	93	3,15
N90P75K90	89	90	3,18	86	88	3,19
N105P90K105	86	87	3,16	85	86	3,16
Середня частина стручка, фактор С						
Без добрив (контроль)	98	98	3,12	94	96	3,01
N30P15K30	97	98	3,14	94	95	3,02
N45P30K45	99	99	3,17	98	99	3,04
N60P45K60	96	97	3,20	95	95	3,11
N75P60K75	96	96	3,23	95	96	3,15
N90P75K90	92	93	3,27	93	94	3,24
N105P90K105	90	91	3,21	89	89	3,20
Верхня частина стручка, фактор С						
Без добрив (контроль)	91	93	3,01	90	91	2,97
N30P15K30	92	94	3,02	92	93	3,01
N45P30K45	96	97	3,04	95	95	3,03
N60P45K60	93	93	3,11	92	93	3,08
N75P60K75	92	94	3,15	92	93	3,14
N90P75K90	92	92	3,21	90	91	3,23
N105P90K105	88	89	3,18	87	88	3,18
НІР 0,05	5	2	0,06	2	2	0,04

*Примітка: Еп – енергія проростання; Лс – лабораторна схожість; М1000 – маса 1000 насінин

Дещо гіршими виявились посівні якості насіння, отриманого в нижній частині стручка. насіння ж з верхньої частини стручка мало найнижчі показники посівних якостей. При цьому в сорту Марія енергія проростання насіння варіювала від 88 до 96 %, лабораторна схожість – від 89 до 97 %, тоді як у сорту Сріблястий-1 – від 87 до 95 % та від 88 до 95 % відповідно.

Слід зазначити, що посівні якості насіння, сформованого у нижній та верхній частинах стручка характеризувалися аналогічними закономірностями до середньої частини. Найвища маса 1000 насінин спостерігалась у середній частині стручка при N90P75K90. Подальше збільшення норми добрив призвело до зниження маси 1000 насінин та погіршення посівних якостей насіння .

Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено тісну ($r = 0,781-0,789$) пряму залежність маси 1000 насінин ріпаку ярого від удобрення материнських рослин та місця розміщення стручка на рослині, також прямий вплив ($r = 0,976-0,912$) енергії проростання насіння на його лабораторну схожість (додаток).

Таким чином нами встановлено, що у перших термінах утворення складаються такі умови живлення і розвитку, що сприяють формуванню найбільш біологічно повноцінного насіння . Також науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що насіння з середньої частини стручка має більш високу схожість і енергію проростання. Таке насіння, відповідно, характеризується і найвищою продуктивністю.

4. ТРАВМУВАННЯ НАСІННЯ ТА ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ТРАВМ

На сьогодні травмування насіння – одна з найбільш вагомих причин зниження посівних якостей насіння безпосередньо в рік збирання та зменшення продуктивності рослин наступного покоління (Фадеев, 2011, 2012, 2013; Каленська & Новицька, 2016; Дерев'янка, 2012). За усередненими даними, схожість травмованого насіння може знижуватися на 12-38 %, а продуктивність рослин – на 0,4-0,5 т/га. Доведено, що кожен відсоток пошкодженого насіння в посівному матеріалі насіння культур зменшує врожайність на 5 кг/га. Загальні втрати з кожного гектара посіву насіння через проведення сівби травмованим насінням становлять 20-50 кг, що в цілому по Україні складає 5-6 млн т зерна щорічно. Якщо весь недобір врожаю насіння культур від травмування насіння прийняти за 100 %, то окремі фактори становитимуть: через зниження польової схожості – 57-59 %, зниження виживання рослин – 10-15 % і зменшення продуктивності рослин – 21-28 % (Куперман, 1948; Строна, 1972; Тарасенко, 2003; Новицькая, 2008; Каленська & Новицька, 2016). Рівень пошкодження насіння, яке використовується для сівби у виробничих умовах, досить високий, і може складати: у кукурудзи – 90-95 %, жита – 85-90 %, пшениці твердої – 80-85 %, пшениці м'якої – 45-50 % та у гороху – 30-40 % (Кирпа та ін., 2012, 2016; Тарасенко, 2003; Фадеев, 2012, 2013; Строна, 1972).

Травмування залежить як від екологічних та антропогенних чинників, що обумовлюють формування насіння, так і від морфологічної та анатомічної будови. Для насіння бобових культур характерним є такий тип пошкодження, як подрібнення, втрата частини оболонки і внутрішні тріщини, які часто проходять через брунечку та корінець, який розміщений близько до оболонки, тому дуже часто пошкоджується від ударів. Мікротравми у бобових культур більш шкідливі, ніж у злакових, а пошкодження ведуть до різкого зменшення схожості насіння та пригнічення розвитку рослин

(Каленська та ін., 2007; Каленська & Новицька, 2016; Доктор та ін., 2018; Новицькая & Мартынов, 2018).

Характеру пошкоджень насіння пшениці властиві переважно мікротравми, яких у десятки разів більше, ніж макротравм. Зародок у пшениці твердої більш різко виділяється на поверхні зернівки, у м'якої – знаходиться в заглибленні, тому насіння твердих сортів пшениці пошкоджується значно сильніше, ніж м'яких, а також має вищий відсоток насіння з пошкодженим зародком. Так, при порівняльному випробуванні насіння твердої пшениці пошкоджувалося на 15 % більше, ніж насіння м'якої пшениці. При цьому у останньої не спостерігалось насіння з травмуванням зародка, а у твердої було таких насінин 8 %, зокрема половина з них – з вибитим зародком. Необхідно відзначити, що скоростиглі сорти значно легше травмуються, аніж середньостиглі, що пояснюється різною товщиною оболонки (Калошина, 1974; Сечняк & Слюсаренко, 1977; Шелепова & Кавунець, 1988; Грабар та ін., 2010; Дерев'янка, 2011, 2014).

Зниження травмування важливе, оскільки при зберіганні саме травмоване насіння є осередками розвитку патогенної мікрофлори. Ціле насіння вкрите твердою і щільною оболонкою – мертвими клітинами епідермісу і тонким шаром кутикули, які складаються головним чином з клітковини та воскових речовин, і зазвичай не піддаються впливу мікроорганізмів. Якщо оболонка насіння не пошкоджена, то внутрішні травми не провокують розвитку грибної мікрофлори. Пошкодження захисних оболонки насіння відкриває доступ мікроорганізмам до живлення і, природно, до розмноження (Фадеев, 2012; Дерев'янка, 2011, 2014).

Мікроскопічні дослідження (Калошина, 1974; Гриценко & Калошина, 1984) засвідчили, що у зернових злакових культур найчастіше пошкоджується плодова оболонка і значно рідше – насіннева оболонка. Здебільшого відокремлюються два-три шари плодової оболонки (верхній епідерміс, гіподерміс, шар поперечних клітин). А от відділення всього шару плодової оболонки – непоширене явище. Глибокі пошкодження покривів

насіння (з пошкодженням насіннєвої оболонки) найчастіше бувають в області зародка і рідше в області ендосперму.

Зародок насіння є найбільш вразливим місцем для ураження пліснявими грибами, здатними значно знизити насіннєву цінність. Значний розвиток грибів на ньому пояснюється, по-перше, його більшою, порівняно з іншими частинами насіння, гігроскопічністю, меншою захищеністю – вкритий насіннєвою оболонкою, яка легко травмується, адже складається з тонкої плівки клітковини. По-друге: він забезпечений в більшій кількості легкозасвоюваними речовинами (білки, жири, вуглеводи та ін.). Макротравми зародка та розвиток патогенної мікрофлори ведуть до часткової втрати запасних речовин: білків, амінокислот, крохмалю, цукру і жиру та значного зниження схожості насіння (Ижик, 1976; Овчаров, 1969, 1976; Калошина, 1974).

З усіх зернових культур найбільш легко уражується зародок жита. Фітопатологічні аналізи насіння жита перед сівбою вказують на те, що зерно з сильним пошкодженням зародка практично все уражене патогенами. За аналогічних умов зерно пшениці меншою мірою уражається. В окремі роки зерно жита з сильним пошкодженням зародка було уражене патогенною мікрофлорою на 100 %. Природно, що така ураженість травмованого насіння сильно знижує силу росту (Калошина, 1974; Грабар та ін., 2010; Дерев'янку, 2011).

Патогенні мікроорганізми, крім безпосереднього руйнування клітин насіння, вбивають зародок і проросток токсичними продуктами своєї життєдіяльності (Дерев'янку, 2011). Оскільки інтенсивність дихання є сумарним показником дихання насіння і мікроорганізмів, що його населяють, інтенсивність дихання травмованого насіння підвищується, завдяки чому змінюється весь окисно-відновний режим проростків. Таким чином, енергія проростання і схожість травмованого насіння знижуються внаслідок порушення фізіологічних процесів, що протікають при проростанні (Дерев'янку, 2012; Новицька, 2014; Доктор & Новицька, 2017).

4.1 Вплив травмування насіння пшениці твердої ярої та сої на посівні якості, врожайність та довговічність

Проблема травмування насіння останнім часом набуває все більшого значення з огляду на незадовільний стан машин і обладнання, а також через постійне погіршення стану матеріально-технічної бази збирання, доробки та зберігання насіння. Обладнання фізично зношується, експлуатується за межами амортизаційних строків, морально застаріває і потребує докорінної реконструкції та оновлення. В умовах виробництва рівень мікротравмованості зерна комбайном при збиранні насіння колосових досягає 50 % і більше. Якщо зважити на те, що 1 % травмованості у зоні зародку знижує схожість на 1 %, то стане зрозуміло, чому від сівби до сходів не проростає до 20 % висіяного насіння (Тарасенко, 2003; Дерев'янка, 2011).

Травмоване насіння при післязбиральній доробці не вдається повною мірою відділити від цілого. Не лише при обмолоті, але й на токах відбувається травмування збіжжя. Зокрема, при перекиданні зерна лише один раз на відстань до 3 м його травмованість зростає до 3,2 %, а до 8 м – на 15,7, у тому числі зародка – на 10,2 % (Михайлов, 2013, 2016). Крім того, травмованість зерна істотно зростає і за післязбиральної доробки. Травмованість насіння колосових і бобових культур лише після одноразового проходження через решітний стан ОВС-25 підвищується на 3-5 %, а у разі підготовки посівних партій на насінневі машині СМ-4 чи Пектус ще додається не менше 2-4 % (Панов, 1982; Анискин & Матвеев, 1986; Чижигов, 2001; Тарасенко, 2006; Михайлов, 2016). До того ж, виокремити насіння з більшою питомою вагою на таких машинах є проблематичним, адже поділ відбувається на решітному стані за лінійними розмірами насінини, що не завжди співпадає з питомою вагою, яка у підсумку і визначає його якість (Фадєєв, 2012). Тому одним із шляхів підвищення врожайності польових культур є підготовка якісного насінневого матеріалу. Адже якісне насіння – одна з найважливіших умов зменшення норми висіву та підвищення валового збору зерна (Малых & Заулаков, 2011; Фадєєв, 2011).

Під час технологічних процесів насіння неодноразово піддається ударам, стисканням і тертю, яке супроводжується травмуванням поверхневих і внутрішніх тканин зернівок. Існуючі методи визначення травмування зерна не дозволяють простежувати зміни структури внутрішніх тканин зернівок, які значною мірою визначають здатність насіння проростати і давати нормальну продуктивну рослину (McDonald, 1999). Нерідко деформація зерна не супроводжується пошкодженням поверхневих пластів зернівки. Після зняття навантаження, зернівка завдяки пружним властивостям відновлює свої розміри і ззовні здається непошкодженою, хоча внутрішні її тканини травмовані (Куперман, 1950; Попова, 1979; Панов, 1982; Дерев'янка, 2012).

Зважаючи на значущість показника травмування, ми вивчали посівні якості та врожайні властивості насіння ярої твердої пшениці залежно від типу його пошкоджень. Для проведення лабораторних аналізів і польових дослідів 1-2 кг насіння кладуть у скляну посудину, заливають 1 %-м розчином анілінового барвника, який використовується в побуті для фарбування вовняних тканин. Після забарвлення упродовж 2-3 хв розчин зливають для подальшого використання, а ретельно промите насіння розкладають на фільтрувальному папері для просушування. Пошкоджені місця забарвлюються і чітко вирізняються на поверхні насінини (на ендоспермі й зародкові окремо). У подальшому забарвлений зразок травмованого насіння розподіляли на чотири групи: макротравми в ділянці ендосперму (ендосперм забарвлюється наполовину і більше); мікротравми ендосперму; макротравми в ділянці зародка (зародок забарвлюється наполовину і більше); мікротравми зародка.

Проведені дослідження показали, що досить суттєво впливає на травмування насіння його вологість у момент обмолоту (табл. 7), яка залежить від термінів збирання і погодних умов під час збирання. Аналіз свідчить, що як і в сухому, так і у вологому стані в насінні твердої пшениці міститься значний відсоток травмованих насінин, в межах 51,1-57,5 %.

Зародок зернівок твердої пшениці погано вкритий оболонками і різко виділяється на поверхні, тому зерно твердої пшениці з низькою вологістю має досить високий відсоток з пошкодженим зародком, крім того половина з них – з вибитим зародком.

За низької вологості на час збирання пшениці (10,2 %) в зерновому матеріалі зростає відсоток подрібнених зернин, які не можуть використовуватися для насінних цілей. Разом з цим зернівки твердої пшениці в сухому стані більш стійкі до мікротравмування, яке виникає шляхом вм'ятин і деформацій, оскільки основний характер їх пошкодження – розколювання і подрібнення.

Таблиця 9

**Тип травмування залежно від вологості насіння пшениці
твердої ярої, сорт Ізоolda (середнє за 2004-2007 рр.)
(Новицька Н.В., Антал Т.В.)**

Показники	Отримане середнє значення				
<i>Вологість насіння, %</i>	26,7	22,1	17,0	13,4	10,2
Цілих насінин, %	49,7	51,6	55,1	47,0	43,3
Травмованих насінин, % з них мають:	44,2	40,6	35,9	43,1	44,5
- вибитий зародок	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9
- пошкоджений зародок	2,0	1,9	1,9	2,3	2,5
- пошкоджений ендосперм	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3
- пошкоджену оболонку зародка	12,5	11,2	8,2	8,7	9,6
- пошкоджену оболонку ендосперму	14,5	12,0	6,7	7,5	10,8
- пошкоджену оболонку зародка і ендосперм	13,6	13,7	17,2	22,5	19,4
Подрібнення зернівок, %	6,1	7,8	9,0	9,9	12,2
Лабораторна схожість цілих насінин, %	89,9	92,8	93,9	93,9	97,1
Лабораторна схожість травмованих насінин, %	56,4	79,3	89,2	90,9	91,9

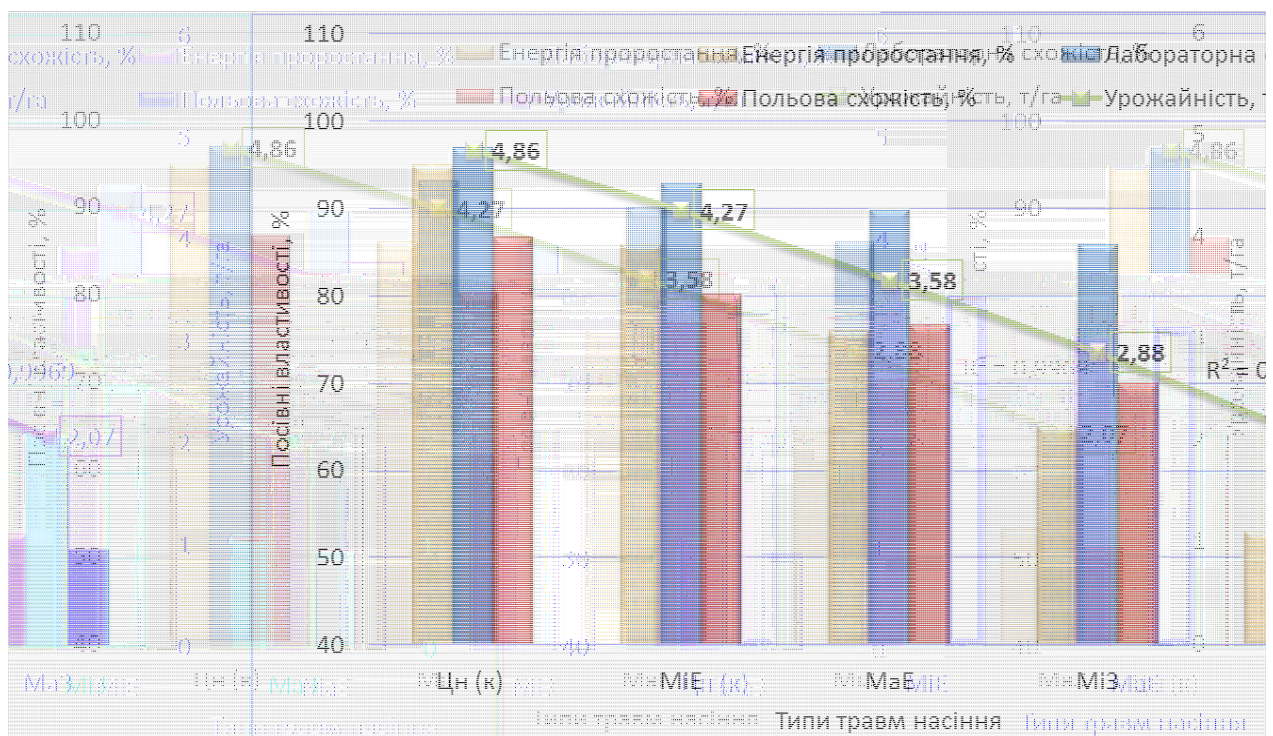
Зі збільшенням вологості зерна пшениці твердої під час обмолоту зменшується кількість зерна з вибитим зародком, видимими пошкодженнями зародка і ендосперму.

Узагальнюючи приведені дані, слід зазначити, що з підвищенням вологості зерна під час обмолоту спостерігається деяке зниження травмування зерна, яке виявляється візуально або методом фарбування. За логікою можна було б чекати підвищення посівних якостей насіння. Проте дослідження показали, що з підвищенням вологості зерна під час обмолоту лабораторна схожість насіння, особливо травмованого, знижується.

Така закономірність пояснюється збільшенням деформації зерна підвищеної вологості і, як наслідок, підвищенням травмування внутрішніх тканин зернівок. Так, лабораторна схожість цілого насіння при вологості 10,2 % перевищувала схожість насіння травмованого на 5,2 %, тоді як при вологості насіння 26,7 % ця різниця збільшувалася до 33,5 %. Різке зниження лабораторної схожості травмованого насіння при зростанні його вологості можна пояснити підвищенням інтенсивності процесу дихання, який виснажує насіння, та розвитком на насінні патогенної мікрофлори, продукти життєдіяльності якої викликають патологічні заміни ростових процесів. В цілому слід зазначити, що зоною найменшого травмування насіння пшениці ярої твердої під час збирання є його вологість в межах 14,0-17,0 %.

Одержані нами дані щодо впливу типів пошкодження насіння пшениці твердої на його посівні якості та врожайність культури в подальшому свідчать (рис. 9), що лабораторна схожість непошкодженого насіння дорівнює 95,6 % і відповідає посівним кондиціям вищих категорій насіння. Незначне механічне пошкодження оболонок насіння пшениці практично не вплинуло на посівні якості насіння. У насіння з пошкодженою оболонкою зародка зафіксовано зниження на 5,8 % енергії проростання і на 2,5 % лабораторної схожості; з пошкодженою оболонкою ендосперму на 5 %, порівняно з нетравмованим цілим насінням, знижується енергія проростання і на 3,4 % лабораторна схожість.

У результаті проведених досліджень встановили, що мікропошкодження у ділянці ендосперму практично не вплинули на посівні якості насіння. У насіння з макротравмами ендосперму (ендосперм забарвлюється наполовину і більше) відзначено зниження на 12 % енергії проростання, на 4 % – лабораторної схожості і на 7 % – інтенсивності росту паростків (кількості паростків, що зійшли), а також зменшення маси 100 сирих паростків і зародкових корінців відповідно на 1,3 і 0,4 г.



Примітка: Цн – ціле насіння, МiЕ – мікротравми ендосперму, МaЕ – макротравми ендосперму, МiЗ – мікротравми зародка, МaЗ – макротравми зародка

Рис. 9 – Посівні та врожайні властивості насіння пшениці твердої ярої сорту Ізольда залежно від типів травм (середнє за 2004-2007 рр.)
(Новицька Н.В., Антал Т.В.)

Особливо погіршуються посівні якості у насіння з пошкодженим зародком. У такого насіння (за роки досліджень) знижувались енергія проростання на 60 %, лабораторна схожість – на 44,8 %, польова схожість – на 64,6 % і до збирання культури поодинокі рослини даного варіанту досліджень гинули. Польова схожість травмованого насіння варіює залежно

від типу травм в межах 23,0-82,5 %, при цьому різниця між польовою і лабораторною схожістю у пошкодженого насіння значно вища, ніж у цілого.

Зниження врожайності пшениці ярої твердої на 30-40 % при сівбі травмованим насінням викликано, крім низької польової схожості, низкою супутніх факторів, зокрема слабким ростом рослин упродовж вегетації та значним ураженням їх хворобами, що й призводить в кінцевому підсумку до їх загибелі.

Особливо погіршуються посівні якості у насіння з макротравмами у ділянці зародка (зародок забарвлюється наполовину і більше). У такого насіння (за роки досліджень) знижувались енергія проростання на 35 %, лабораторна схожість – на 30 %, інтенсивність росту паростків (кількість паростків, що зійшли) – на 32 %, маса паростків і зародкових корінців – на 2,5 і 1,3 г, польова схожість – на 34,3 % і врожайність – на 49,5 %, порівняно з нетравмованим цілим насінням м.

Загальноприйнята технологія оцінки кондиційності посівного матеріалу за лабораторними показниками не виявляє повною мірою шкоди, яку завдає травмування. Стандартні методики оцінки таких показників як енергія проростання та схожість насіння розраховані на лабораторні умови, тимчасом як травмування відображається на польовій схожості, інтенсивності початкового росту, розвитку рослини і, нарешті, врожайності. Лабораторна схожість такого насіння практично збігається з цілими, воно здатне давати проростки довжиною до одного см і належить за ДСТУ до кондиційного. У кращому випадку лабораторна схожість виявляє травмування зародка, а схожість такого насіння вдвічі нижче, ніж у цілого. В польових умовах з цілого насіння розвивалися сильні паростки, що йдуть вгору. Пошкоджене насіння дає слабкі паростки, які втратили геотропічну орієнтацію і дуже часто скручені біля самої насінини в штопор. Польова схожість у багатьох кондиційних партій насіння за рахунок травмування знижується на 20-25 % (Куперман, 1948; Ижик, 1976; Калошина, 1974; Дерев'янка, 2012, 2014).

Якщо польова схожість пшениці озимої в середньому складає близько 75 %, то зниження її проти лабораторної схожості становить 25 % (Животков та ін., 2001). Ще гірші справи з пшеницею ярою – показник її польової схожості сягає близько 60 %. Таке зниження в польових умовах багато дослідників пояснюють різними причинами – глибиною та строком сівби, крупністю насіння і т. п. (Голік, 2000). Із загального числа чинників, які знижують польову схожість, на частку травмованого насіння припадає 60-70 %. Тобто травми знижують польову схожість насіння озимих культур на 17-18 %, ярих – на 25 % (Писаренко та ін., 1987; Матюшенко & Весна, 1990, Каленська & Новицька, 2016).

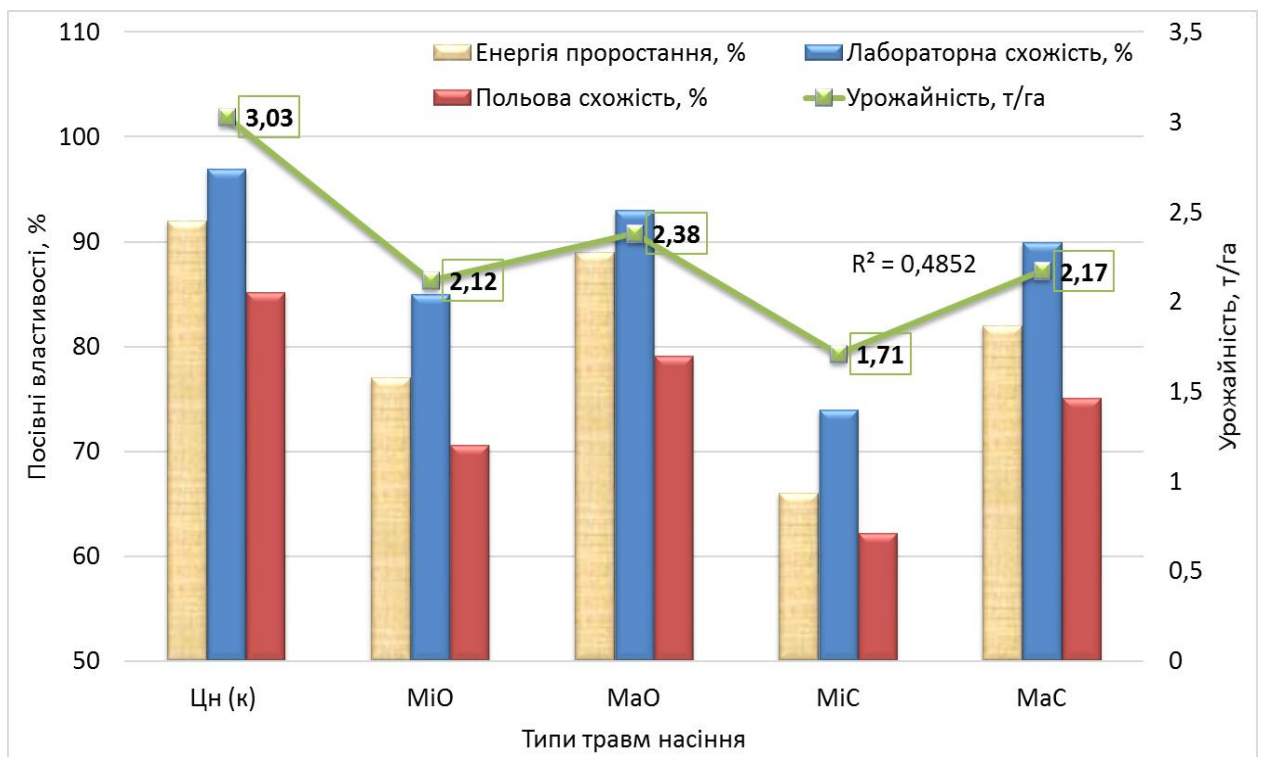
Будь-який тип травмування насіння сої викликає зниження його польової схожості. Головна причина – значне ослаблення проростків при подоланні опору ґрунту та ураження рослин хворобами. З пошкодженого насіння утворюються слабкі проростки, які втрачають геотропічну орієнтацію, загнивають. В подальшому – відстають в рості, утворюють слабкі рослини. Нижча польова схожість травмованого насіння в порівнянні з цілим також пояснюється різницею в проведенні аналізувань. Лабораторну схожість визначають в стерильних умовах лабораторії, насіння пророщують в стерильному піску і за стабільних, сприятливих умов, тоді як в польових умовах спостерігаються як різкі перепади температурного режиму, так і згубна дія ґрунтових мікроорганізмів.

Ціле насіння забезпечує дружне з'явлення сходів і високу польову схожість, тоді як період з'явлення сходів у травмованого насіння сої розтягнутий, проросток дуже відстає в розвитку і сходи з'являються на 7-10 діб пізніше. Період сівба-сходи в середньому за роки досліджень у травмованого насіння тривав 22 дні, тоді як у цілого – 14.

Травмоване насіння сої має значно нижчу енергію проростання і схожість, ніж ціле. Разом з цим, різні типи травм, як встановлено науковцями кафедри рослинництва НУБіП України за розрахунком коефіцієнтів кореляції, по-різному впливають на посівні якості насіння сої. Так,

лабораторна схожість насіння сої знижується залежно від типу травм в наступному порядку: насіння з макротравмами насіннєвої оболонки, насіння з макротравмами сім'ядолей, насіння з мікротравмами насіннєвої оболонки та насіння з мікротравмами сім'ядолей (рис. 10).

Згідно результатів досліджень, сімба травмованим насінням сої призводить до зниження врожайності на 20-40 % залежно від типу пошкодження, і найбільш шкідливим є мікротравмування сім'ядолей. При макротравмуванні насіннєвої оболонки схожість насіння знизилась на 8 %, при макротравмуванні сім'ядолей – на 15 % в порівнянні з цілим насінням м. Найбільш шкідливий тип пошкодження насіння сої в наших дослідках – мікротравмами сім'ядолей, лабораторна схожість при цьому не перевищувала 73 %, польова схожість знижувалася до 60,8 %, врожайність культури була на рівні 1,71 т/га.



Примітка: Цн – ціле насіння, МіО – мікротравми оболонок, МаО – макротравми оболонок, МіС – мікротравми сім'ядолей, МаС – макротравми сім'ядолей

Рис. 10 – Посівні та врожайні властивості насіння сої сорту Аннушка залежно від типів травм (середнє за 2004-2007 рр.)
(Каленська С. М., Новицька Н.В.)

Господарська довговічність насіння більшою мірою залежала від типів травмування (табл. 8). Відтак ціле насіння і насіння з мікротравмами ендосперму здатне упродовж року зберігати лабораторну схожість, яка відповідає вимогам чинного Держстандарту України. За рік зберігання насіння з макротравмами ендосперму, мікро- і макротравмами зародка значно знижувало лабораторну схожість (до 8-34 %).

Умови року формування насіння також впливають на тривалість зберігання насіння з різними типами травм. У роки з надмірними опадами шкодочинність травмування посилювалася під час зберігання насіння. Очевидно, таке зниження якості насіння пояснюється значним збільшенням негативної дії мікроорганізмів, у першу чергу пліснявих грибів.

Таблиця 10

**Вплив травмування на довговічність насіння пшениці твердої ярої сорту
Ізольда, середнє за 2004-2007 рр. (Новицька Н.В., Антал Т.В.)**

Типи травм насіння	Тривалість зберігання насіння після збирання, місяці					
	1		12		24	
	*Еп, %	Лс, %	Еп, %	Лс, %	Еп, %	Лс, %
Ціле насіння (контроль)	91	97	79	95	75	93
Мікротравми ендосперму	89	96	73	93	68	88
Макротравми ендосперму	79	93	66	87	59	81
Мікротравми зародка	68	89	55	84	46	69
Макротравми зародка	58	68	49	61	44	50

**Примітки: Еп – енергія проростання; Лс – лабораторна схожість*

Під час збирання врожаю стежать, головним чином, за повнотою обмолоту і ступенем дроблення насіння. У багатьох випадках дроблення досягає 2-10 %, тоді як за агротехнічними вимогами воно не повинно

перевищувати 1 %. Слід зазначити, що за зростання відсотка дроблення збільшується і кількість травмованого насіння, яке неможливо відокремити на очисних і сортувальних машинах.

Приведені дані указують на те, що збирання насінницьких посівів і післяжнивну доробку насіння слід проводити при вологості зерна пшениці ярої твердої в межах 14,0-17,0 %, сої – в межах 13,0-15,0 %. В цьому випадку механічні впливи не призводять до значної деформації зерна, а посівні якості насіння істотним чином не знижуються.

Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що основний характер пошкодження насіння твердої пшениці – розколювання і подрібнення в сухому стані та вм'ятини і деформації оболонок насіння при збільшенні його вологості. Висока вологість насіння твердої пшениці під час збирання культури викликає мікротравмування внутрішніх тканин зернівок, що в подальшому негативно впливає на його лабораторну схожість. Вищі посівні якості формує насіння пшениці твердої з низькою вологістю. Різні типи травм насіння по-різному впливають на його посівні якості та врожайність. Незначне механічне пошкодження оболонок насіння пшениці практично не знижує його схожість, тоді як у насіння з пошкодженням зародком енергія проростання знижується на 60 %, лабораторна схожість на 44,8 %, польова схожість на 64,6 % і до збирання культури поодинокі рослини даного варіанту досліджень гинуть. Сівба травмованим насінням м обумовлює зниження врожайності пшениці ярої твердої на 30-40 %.

При обмолоті вологого насіння сої частина його деформується, що викликає мікротравмування оболонки і сім'ядолей, при обмолоті сухого зростає відсоток насіння з відчленованими частинами насіннєвої оболонки та сім'ядолей. При підвищенні вологості насіння сої лабораторна схожість як цілого, так і травмованого насіння знижується. Тісну пряму залежність виявлено нами між вологістю насіння сої та мікротравмуванням сім'ядолей сої, між макротравмами насіннєвої оболонки та лабораторною схожістю травмованого насіння. Суттєву обернену залежність встановили між

кількістю насіння з макротравмами насінневої оболонки, лабораторною схожістю цілого та травмованого насіння з його вологістю, та схожості травмованого насіння від мікротравм сім'ядолей. Найбільш шкідливий тип пошкодження насіння сої в наших дослідках – мікротравмами сім'ядолей.

Травмується насіння здебільшого під час післязбиральної обробки, тобто під час очищення й сортування, але найбільше його якість знижується під час транспортування в зерноскладах. За даними досліджень, понад 50 % від загальної кількості травмованих насінин пошкоджується під час навантажувально-розвантажувальних та транспортних операцій. На частку самопливних труб припадає понад 30 % пошкоджень насіння, а ще 20 % травмується технологічним обладнанням (Грбар та ін., 2010; Дерев'янка, 2015; Фадеев, 2013).

Додаткове механічне травмування насіння у вигляді тріщин і зморшок відбувається під час його сушіння внаслідок контакту з робочими органами сушарки та впливу теплоносія через зміну вологості. Особливо легко травмується під час сушіння насіння кукурудзи, соняшнику й зернобобових (Дерев'янка, 2017). Сушіння кукурудзи через її схильність до утворення тріщин вимагає особливих режимів. Так, за результатами аналізу, при ручному обмолоті качанів і повітряному сушінні виявлено 8-10 % тріщинуватості насіння, причому тріщини порівняно неглибокі. Тимчасом як при тепловій сушці та механічному обмолоті тріщини в ендоспермі виявлені у 65-83 % насіння. Більшість тріщин при цьому проходили через весь ендосперм, аж до зародка (Кирпа та ін., 2012, 2016).

Мікротравми у бобових культур більш шкідливі, ніж у злакових, а пошкодження ведуть до різкого зменшення схожості насіння та пригнічення розвитку рослин [26,82]. При обмолоті вологого насіння зернобобових культур (наприклад сої) частина його деформується, що викликає мікротравмування як оболонки, так і сім'ядолей в цілому, і навпаки – при обмолоті сухого зростає відсоток насіння з макротравмами, тобто відчленованими частинами, насінневої оболонки та сім'ядолей (рис. 11).

Найпоширеніші тип травмування сої в дослідженнях авторів – мікротравмування сім'ядолей (табл. 39); частка якого залежно від вологості насіння досягала 26,0-27,6 % від загального числа пошкоджених насінин [82].

Травмування насіння викликає зниження його польової схожості шляхом значного ослаблення проростків при подоланні опору ґрунту та ураження рослин хворобами. З пошкодженого насіння утворюються слабкі проростки, які втрачають геотропічну орієнтацію, загнивають або відстають в рості, утворюють слабкі рослини.



**Рис. 11. Травмування насіння сої (фарбування розчином індигокарміну):
1 – ціле насіння, 2 – макротравми насіннєвої оболонки, 3 – мікротравми
насіннєвої оболонки, 4 – макротравми сім'ядолей,
5 – мікротравми сім'ядолей (Стрихар А.Є.)**

Дослідження авторів [26, 82] щодо характеру травмування насіння сої засвідчили, що зростання кількості пошкодженого насіння сої відмічено як при зниженні його вологості до 9,7 %, так і при підвищенні до 18,2 %. Зона

мінімального травмування насіння сої знаходиться в межах 13,0-15,0 % вологості на час збирання культури (рис. 12).

На зниження лабораторної схожості травмованого насіння при зростанні його вологості впливає підвищення інтенсивності процесу дихання, який виснажує насіння та сприяє розвитку на насінні патогенної мікрофлори, продукти життєдіяльності якої викликають патологічні заміни ростових процесів.

Таблиця 11

**Тип травмування залежно від вологості
насіння сої (Стрихар А.Є., Новицька Н.В.)**

Показники	Отримане середнє значення									
Вологість насіння, %	18,2	17,8	16,6	15,4	14,0	13,2	12,5	11,6	10,8	9,7
Цілих насінина, %	49,4	52,1	65,3	68,5	69,1	70,6	67,3	63,7	61,1	40,5
Травмованих насінин, % з них мають:	50,6	47,9	34,7	31,5	30,9	29,4	32,7	36,3	38,9	59,5
Макротравми насінневої оболонки (вибита частина оболонок)	5,6	6,1	5,8	5,7	5,7	5,7	5,9	7,4	11,3	17,2
Мікротравми насінневої оболонки	10,5	9,9	7,0	4,8	6,9	6,1	4,0	6,6	5,2	5,8
Макротравми сім'ядолей	8,5	4,3	7,0	7,1	5,8	5,6	10,1	8,0	10,2	17,4
Мікротравми сім'ядолей	26,0	27,6	14,9	13,9	13,3	12,0	12,7	14,3	12,2	19,1
Лабораторна схожість цілих насінин, %	93,0	95,0	93,2	94,4	95,3	96,0	96,8	99,0	100	98,4
Лабораторна схожість травмованих насінин, %	68,4	76,5	70,5	78,8	78,0	81,8	85,1	88,6	90,2	89,8

Травмування насіння погіршує його посівні якості, знижує польову схожість і негативно позначається на продуктивності рослин. Різні типи травм по різному впливають на посівні якості насіння .

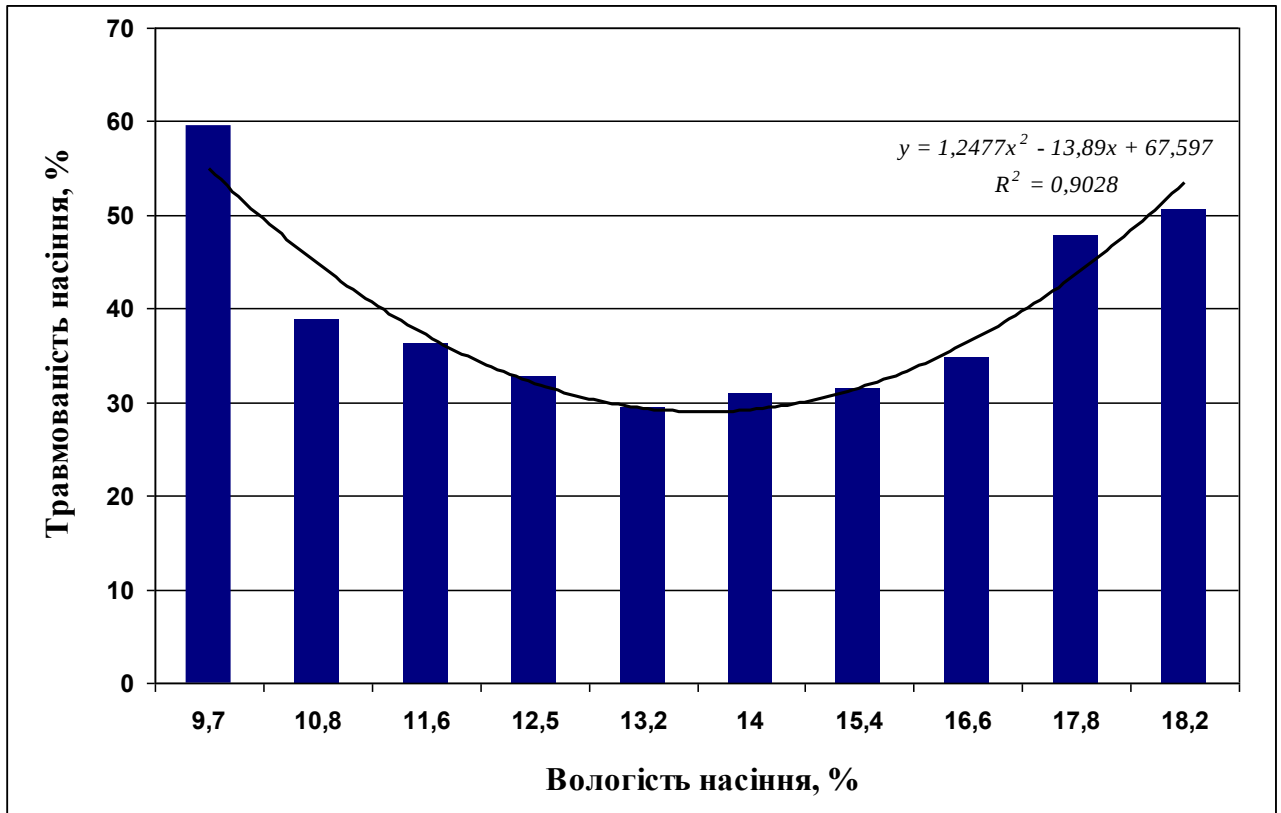


Рис. 12. Вплив вологості на час збирання на травмування насіння сої
(Стрихар А.Є., Новицька Н.В.)

В дослідженнях авторів [24, 82] при макротравмуванні насіннєвої оболонки насіння сої лабораторна схожість знижувалась на 8 %, при макротравмуванні сім'ядолей – на 15 % в порівнянні з цілим насінням. Найбільш шкідливий тип пошкодження насіння сої – мікротравмами сім'ядолей, лабораторна схожість при якому не перевищувала 73 %, польова схожість знижувалася до 60,8 %.

Травмоване насіння сої з низькою вологістю на час збирання має вищу лабораторну схожість. При підвищенні вологості схожість пошкодженого насіння різко знижується (рис. 13). Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що схожість травмованого насіння сої з вологістю 10,8 % становила 90,2 %, з вологістю 13,2 – 81,8 %, з вологістю 18,2 – 68,4 % [82].

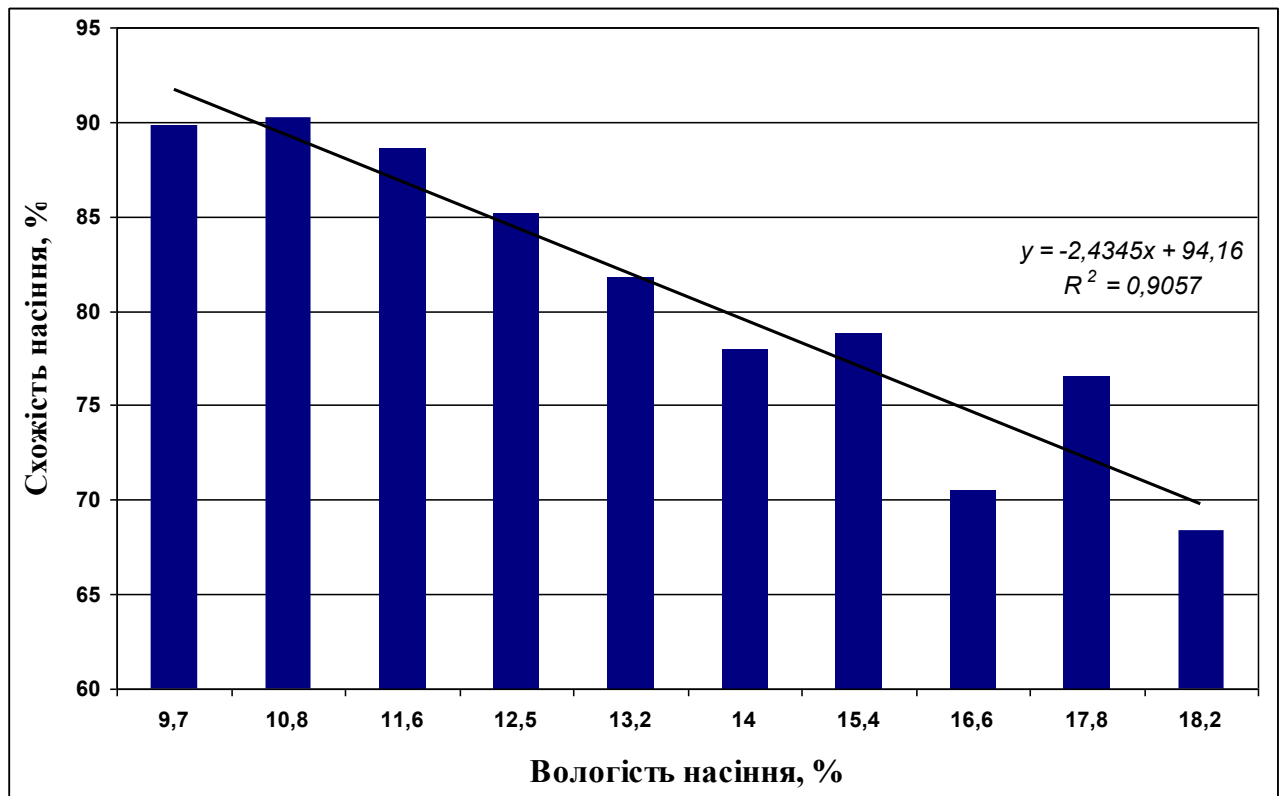


Рис. 13. Вплив вологості на час збирання травмованого насіння сої на лабораторну схожість (Стрихар А.Є., Новицька Н.В.)

Сівба травмованим насінням сої призводила до зниження врожайності на 20-40 % залежно від типу пошкодження. Врожайність сої при сівбі насіння з мікротравмами сім'ядолей становила 1,95 т/га, при 3,27 т/га на контрольному варіанті (табл. 12).

Таблиця 12

Вплив травмування насіння на посівні якості та врожайність сої (Стрихар А.Є., Новицька Н.В.)

Типи травм насіння	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Польова схожість, %	Врожайність, т/га
Ціле насіння (контроль)	90	96	84,0	3,27
Мікротравми насіннєвої оболонки	83	76	69,4	2,36
Макротравми насіннєвої оболонки	91	88	77,9	2,62
Мікротравми сім'ядолей	64	73	60,8	1,95
Макротравми сім'ядолей	88	81	73,9	2,41

Нижча польова схожість травмованого насіння в порівнянні з цілим також пояснюється різницею в проведенні аналізувань. Лабораторну схожість визначають в стерильних умовах лабораторії, насіння пророщують в стерильному піску і за стабільних, сприятливих умов, тоді як в польових умовах спостерігаються як різкі перепади температурного режиму, так і згубна дія ґрунтових мікроорганізмів.

4.2 Інтенсивність дихання травмованого насіння зернових злакових та зернобобових культур при зберіганні

Травмування насіння підступне своєю прихованістю. Ми не бачимо мікротравмування, а його, як мінімум, у 10 разів більше, ніж видимих травм. Також воно погіршує посівні якості насіння, знижуючи польову схожість і негативно позначається на продуктивності рослин. Строна І. Г. констатує, що зазвичай мікропошкодження насіння сприяють тимчасовому зростанню енергії проростання завдяки кращому доступу вологи до зародка, але у подальшому показники енергії проростання стають такими ж, як у непошкодженого насіння, або навіть настає депресія (Строна, 1972). З підвищенням ступеня мікротравмування різко знижується сила росту і польова схожість, хоч лабораторна схожість та енергія проростання в деяких випадках залишається високою. Проте, зниження врожаю від сівби таким насінням становило 12,7 % (Куперман, 1948; Фадеев, 2012; 2013).

Травмування насіння – поліморфне явище і має багато типів, які характеризуються різним походженням, шкідливістю та ступенем (Строна, 1972). насіння пошкоджується внаслідок технологічного впливу, шкідників, через ураження хворобами, негативну дію метеорологічних факторів, вологість на час збирання та ін. Зокрема, при підвищеній вологості зерна невеликі механічні впливи зумовлюють деформацію насіння і значне зниження посівних якостей (Грабар та ін., 2010; Дерев'янка, 2010, 2011, 2012). Гриценко В. В., Калошина З. М. пояснюють великі відмінності схожості у візуально однаково травмованого насіння тим, що під час

обмолоту насіння з підвищеною вологістю виникають різноманітні деформації внутрішніх тканин, зокрема зародка, які сильно знижують схожість (Гриценко & Калошина, 1984).

Фізіологічно зріле насіння поступово втрачає вологу, стає повітряно-сухим, і у такому стані може довго зберігати життєздатність. Зовні насіння здається безжиттєвим, але воно як і раніше залишається живим організмом, що реагує на дію факторів навколишнього середовища, хоча й з меншою енергією (Вишневська та ін., 2005; Задорожна та ін., 2013). У насінні у період спокою відбувається обмін речовин, і життєві функції не припиняються, а лише зводяться до крайнього мінімуму. Інтенсивність обміну залежить від внутрішнього стану насіння, видових і сортових особливостей, а також від умов зовнішнього середовища. Одним з найбільш вивчених проявів обміну речовин і найбільш яскраво виражених властивостей є дихання насіння. Воно найкращим чином характеризує їх стан, сутність і рівень фізіологічних процесів, що протікають у насінні (Строна, 1980; Никитенко, 1976; Николаева & Обручева, 1982; Макрушин та ін., 2006).

Дихання можна визначити як процес, який протікає в кожній живій клітині, і веде до вивільнення енергії. В процесі нормального дихання вивільнення енергії пов'язано з поглинанням кисню, витратою органічної речовини та виділенням вуглекислого газу і води. Вологе та травмоване насіння дихає інтенсивніше, що може викликати самозігрівання насінних мас. Самозігрівання викликається не тільки інтенсивним диханням насіння, але й розвитком мікроорганізмів, що виділяють велику кількість тепла.

Згубність дії самозігрівання на насіння обумовлена не тільки високою температурою, але й токсичними виділеннями патогенної мікрофлори, які різко знижують схожість насіння (Кретович, 1945; Крокер & Бартон, 1955; Григоровська, 2012; Гузь та ін., 2020). З урахуванням процесів дихання насіння організовують правильне його зберігання, встановлюють норми реальних втрат при зберіганні. Тому дослідження, пов'язані з диханням насіння, мають не лише теоретичне, але й велике практичне значення.

Довговічність насіння, окрім генетичних особливостей виду, обумовлюється якістю насіння сформованою технологічними чинниками, зокрема тривалість «життя» насіння суттєво залежить від травмованості насіння. Травмованість насіння може сягати високих показників, проте нею досить часто нехтують, як у виробництві, так і в наукових дослідженнях (Макрушин, 1994; Каленська та ін., 2011, 2013; Фадєєв, 2013).

Довговічність не травмованого насіння значно більша порівняно з насінням з різними видами травм. Одним з показників, за яким можна встановити інтенсивність метаболічних процесів, які відбуваються в насінні є його дихання. Власне інтенсивність дихання насіння в значній мірі визначає тривалість життя насіння (Гриценко & Калошина, 1976, 1984; Кіндрук, 2003). У практиці досліджень інтенсивність дихання визначають за кількістю виділеного вуглекислого газу або поглиненого кисню у мл або мг, що виділяється в даних умовах наважкою насіння (100 або 1000 г насіння на абсолютно суху масу) за 24 години.

Безпосередньою причиною травмування насіння є збиральні, очисні й сортувальні машини, транспортери всіх видів та сушарки. Згідно з дослідженнями, в середньому 70 % насіння травмується комбайном, до 25 % – навантажувально-розвантажувальними й очисними машинами і лише 5 % – у природних умовах (Фадєєв, 2013; Скринник та ін., 2018; Тарасенко, 2003; Дерев'янка, 2015).

Виробники машин для очищення, сортування й сушіння насіння, а також механізмів для його транспортування насамперед надають перевагу таким технічним характеристикам, як висока продуктивність та надійність роботи обладнання, і зовсім мало приділяють уваги технологічній проблемі травмування. Саме цим пояснюється наявність на ринку техніки для післязбиральної обробки насіння машин, яка значною мірою травмує насіння. Зокрема, це зерномети: залежно від відстані перекидання, травмування становить від 11 до 17 %. Зерноочисні та сортувальні машини травмують від 3,4 до 8,4 % насіння, пневмотранспортери – до 7,2 %, норії – до 7,4 %,

шнекові транспортери – від 4,7 до 8,6 %, скребкові транспортери – до 1,5 %, самопливні трубопроводи – до 1,6 % (Тарасенко, 2003; Дерев'янка, 2015; Фадеев, 2013).

Кількість травмованого насіння пшениці озимої лише при обмолоті досягає 27-42 % (Животков та ін., 2001). Подрібнення пшениці при збиранні сягає 3 % і більше. В окремі роки частка насіння з повністю вибитим зародком (при збиранні) із загальної кількості травмованих досягає 70 %. Хоча пшениця належить до важко обмолочуваних культур, крупні зернівки, що знаходяться в середині колоса, обмолочуються відносно легко, а дрібніші, які мають більш міцний зв'язок з колосом – травмуються сильніше (Фадеев, 2010). При подальшій доробці таке насіння, розмір якого 2 мм і менше, відходить на сортувальних машинах і не впливає на посівні якості насіннєвої партії (Сечняк & Слюсаренко, 1977; Дерев'янка, 2010, 2011, 2012).

При обмолоті жито більше травмується, ніж пшениця. Якщо кількість мікро- і макротравмованого насіння після комбайну у пшениці становить 27–42 %, то у жита 37–63 %. При цьому подрібненого насіння у пшениці 3,5 %, у жита 7,6 %. Зернівка жита здебільшого дробиться упоперек, а пшениці – поздовж. Крім того, при практично однаковій кількості часткових пошкоджень зародка, насіння з повністю вибитим зародком у жита спостерігається значно більше, приблизно вдвічі. При обмолоті жита з вологістю 15 % було 34 % насіння з пошкодженим зародком (із загальної кількості травм), а при вологості 25 % - 65 %. При переході на більш економний режим обмолоту, травмованого насіння було відповідно 23 і 34 %. Така значна різниця в пошкодженні зародка пояснюється тим, що у насіння жита зародок сильно виступає з зернівки, а у пшениці він знаходиться майже врівень з зернівкою, тобто виступаючий зародок жита легше вибивається, ніж прихований у пшениці. Крім того, покривні тканини зернівки жита тонші та ніжніші, аніж у пшениці (Попова, 1979). Таким чином, травмування вологого насіння при збиранні зростає, тому регулювання режимів комбайна

при збиранні жита вимагає особливої ретельності (Калощина, 1974; Фадеев, 2010, 2012, 2013; Дерев'янко, 2010, 2011, 2012).

Нами був проведений дослід з метою встановлення особливостей дихання насіння зернових злакових та бобових культур залежно від видів травм, тривалості зберігання насіння, фізіологічного стану насіння – спокій та проростання. Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що травмоване насіння польових культур дихає значно інтенсивніше, ніж ціле (табл. 13). У бобових культур при травмуванні насінної оболонки кисень отримує доступ до внутрішнього вмісту насіння і розвивається посилений дихальний процес.

Особливо активізується дихання при доступі кисню до сім'ядоль в результаті їх пошкодження. Зокрема, ціле насіння сої сорту Аннушка поглинало 1,9 мл кисню на 100 г сухої речовини на добу; з травмованими оболонками – в межах 2,4-2,6 мл кисню на 100 г сухої речовини на добу; з пошкодженими сім'ядолями – 4-7,9 мл кисню відповідно.

Ціле насіння сої сорту Єлена поглинало 1,5 мл кисню на 100 г сухої речовини на добу; з травмованими оболонками – в межах 1,9-2,1 мл кисню на 100 г сухої речовини на добу; з пошкодженими сім'ядолями – 3,4-6,2 мл кисню відповідно. насіння різних культур при одній вологості і однакових навколишніх умовах дихає з різною інтенсивністю. Зокрема, найбільш високою енергією дихання в групі нетравмованого володіло насіння з високим вмістом жирів, зокрема насіння сої, серед крахмаловмісних злакових – насіння кукурудзи дихало інтенсивніше, ніж пшениці.

За замочування насіння бобових культур впродовж двох годин інтенсивність дихання зростала більше ніж на порядок і складала у насіння сорту Аннушка – 41,2-64,8; Єлена – 26,1-43,7 мл кисню/100 г сухої речовини за добу за наявності травм насіння, відповідно для цілого насіння сортів – 34,2 і 22,2 мл кисню/100 г сухої речовини за добу

Вплив типів травмування насіння на інтенсивність дихання
(поглинання O₂ в мл на 100 г сухої речовини), середнє за 2008-2016 рр.
(Каленська С. М., Новицька Н.В.)

Типи травмування насіння	На початку зберігання			Після 24 місяців зберігання		
	Стан насіння ¹					
	1	2	3	1	2	3
Соя, сорт Аннушка						
Ціле насіння (контроль)	1,9	34,2	142,7	2,1	39,6	311,5
Макротравми насіннєвої оболонки	2,4	41,2	175,3	12,8	42,1	382,7
Макротравми сім'ядолей	4,0	51,4	403,6	5,6	61,4	580,1
Мікротравми насіннєвої оболонки	2,6	44,2	195,6	13,7	52,5	404,5
Мікротравми сім'ядолей	7,9	64,8	476,5	8,8	80,7	609,3
Соя, сорт Єлена						
Ціле насіння (контроль)	1,5	22,2	117,4	1,7	32,1	219,2
Макротравми насіннєвої оболонки	1,9	26,1	136,4	9,1	33,8	236,3
Макротравми сім'ядолей	3,4	38,2	261,1	4,6	48,1	476,3
Мікротравми насіннєвої оболонки	2,1	28,5	174,4	10,2	38,2	295,8
Мікротравми сім'ядолей	6,2	43,7	309,8	6,9	74,6	529,1
Пшениця тверда яра, сорт Ізольда						
Ціле насіння (контроль)	0,6	14,4	64,3	1,3	24,2	206,1
Мікротравми ендосперму	1,4	18,3	83,3	1,9	26,0	223,2
Макротравми ендосперму	1,6	20,2	90,9	2,9	30,4	282,7
Мікротравми зародка	1,9	20,7	108,0	4,7	40,1	362,9
Макротравми зародка	3,6	25,9	126,7	5,9	46,8	416,0
Кукурудза, гібрид Сплендіс						
Ціле насіння (контроль)	1,1	13,6	103,5	2,0	38,6	325,5
Мікротравми ендосперму	2,3	17,5	122,5	2,5	45,1	366,8
Макротравми ендосперму	2,8	29,4	247,2	5,0	60,4	577,9
Мікротравми зародка	2,5	19,8	160,1	3,6	48,5	388,5
Макротравми зародка	5,6	35,1	295,9	7,3	77,9	593,3
<i>HIP</i> _{0,05}	0,4	3,1	11,8	0,3	2,2	14,2

Примітка¹: 1 – сухе насіння ; 2 – після 2 год. замочування у воді; 3 – після добового пророщування.

Насіння злакових крохмалевмісних культур пшениці та кукурудзи після 2 годин замочування у воді дихало з нижчою інтенсивністю, ніж бобових, безвідносно типу травмування. насіння пшениці твердої ярої сорту Ізольда після замочування у воді дихало з інтенсивністю від 14,4 до 25,9 мл кисню/100 г сухої речовини за добу залежно від травмування насіння, кукурудзи – від 13,6 до 35,1 мл кисню/100 г сухої речовини за добу.

Через добу після початку пророщування дихання проходить у десятки разів інтенсивніше, ніж у сухого насіння. Це говорить про те, що процес дихання бурхливо протікає з початком поділу й росту клітин насіння. Зокрема, проростаюче ціле насіння сої сорту Аннушка поглинало 142,7 мл O_2 /100 г сухої речовини на добу, травмоване – від 175,3 до 476,5 мл O_2 /100 г сухої речовини на добу в залежності від ступеня і місця виникнення травм.

У сорту сої Єлена отримано аналогічну залежність показників: ціле насіння поглинало 117,4 мл O_2 /100 г сухої речовини, травмоване – від 136,4 до 309,8 мл O_2 /100 г сухої речовини залежно від типу пошкодження. Ціле насіння пшениці твердої ярої сорту Ізольда після добового пророщування поглинало всього лише 64,3 мл O_2 /100 г сухої речовини, з мікро- і макротравмами ендосперму – 83,3 і 90,9 мл O_2 /100 г сухої речовини, з мікро- і макротравмами зародка дещо більше – 108,0 і 126,7 мл O_2 /100 г сухої речовини відповідно. Ціле насіння кукурудзи при проростанні поглинало 103,5 мл кисню, з пошкодженням ендоспермом – від 122,5 до 247,2 мл кисню; з пошкодженням зародком – від 160,1 до 295,9 мл кисню на 100 г сухої речовини на добу в залежності від ступеня і місця виникнення травм.

Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що інтенсивність дихання насіння за його проростання значно зростає за мікро- і макротравм насіння, що обумовлює значну втрату енергії та запасних речовин, необхідних насінині для формування повноцінного проростку.

У кукурудзи і пшениці твердої, зважаючи на дані таблиці, найбільшою інтенсивністю дихання володіло насіння з мікро- і макротравмами зародка. Газообмін такого насіння був у 5-7 разів більше, ніж у непошкодженого.

Мікротравми ендосперму у насіння кукурудзи збільшували інтенсивність дихання більш ніж в 1,5 рази, майже таке ж збільшення давали і внутрішні тріщини, хоча здавалося б, що вони не повинні змінювати процес дихання, оскільки оболонки насіння залишалися цілими. Однак в цьому випадку внутрішні тріщини створюють кращі умови для контакту кисню з поверхні ендосперму.

Після 24 місяців зберігання інтенсивність дихання сухого насіння сої збільшувалася в 1,1-1,4 рази; насіння, яке намочували у воді дві години – в 1,1-1,9 рази; після пророщування впродовж доби в 1,25-2,30 рази, порівняно з тими ж зразками, які аналізувалися до зберігання. При тривалому зберіганні цілого, і особливо травмованого насіння, інтенсивність його дихання збільшується в 2-2,5 рази і досягала: 529,1 та 609,3 і мл кисню на 100 г сухої речовини на добу у насіння сої сортів Єлена та Аннушка, 593,3 мл і 416,0 мл кисню на 100 г сухої речовини на добу у насіння кукурудзи та пшениці твердої.

Спостерігалася така ж закономірність щодо зростання інтенсивності дихання залежно від виду травм. Інтенсивність дихання при зберіганні збільшується як за рахунок активації метаболічних процесів, так і діяльності патогенних мікроорганізмів. Сортова різниця щодо інтенсивності дихання насіння може бути пов'язана як з морфологією насінини, так і з хімічним складом насіння .

У підсумку можна відмітити, що інтенсивність дихання при зберіганні збільшується здебільшого внаслідок того, що на старому насінні розвивається велика кількість плісняви та інших патогенних мікроорганізмів. Після 24 місяців зберігання інтенсивність дихання насіння збільшувалася, особливо травмованого. Слід мати на увазі, що інтенсивність дихання насіння є сумарним показником процесу дихання та діяльності мікроорганізмів, що населяють насінні маси.

Травмуванню насіння запобігають дотриманням технології вирощування на насінницьких площах, що сприяє здоровому та

рівномірному розвитку рослин на посівах. Насінники правильно збирати в суху погоду комбайнами, використовуючи жатки, які формують тонкі валки на висоті від ґрунту не менше 15 см (Пискунова, 1982; Шелепова & Кавунець, 1988; Шпаар та ін., 2001).

Основним способом боротьби з патогенами є обробіток посівного матеріалу протруйниками. Протруєння насіння здатне скоротити втрату врожаю від 50 до 65 % (Дубовик & Каленська, 2018). При виборі препарату для протруювання насіння необхідно враховувати не тільки прогноз ураження хворобами та шкідниками, а й сортові особливості, погодні умови. Перед використанням протруйників слід очистити насіння основної культури від зернової луски та пилу, оскільки вони поглинають велику кількість препарату, і тому насіння висівної культури не протрується достатньою мірою. Якщо не провести ретельного очищення насіння, то кількість необробленого може досягати 15-20 % (Дубовик, 2017; Дерев'янка, 2011).

Якість пошкодженого насіння після протруєння значно підвищується: схожість на 20-24 %, сила росту на 7-25 %, вага паростків у 2-3 рази більше. Така зміна якості насіння пояснюється значним зниженням внаслідок обробки проти негативної дії мікроорганізмів і, насамперед, цвілевих грибів. Активність розвитку грибів, їх чисельність особливо зменшується на травмованому насінні, що дозволяє отримати більше число сходів у полі. Проте, слід диференційовано підходити до виду і норми протруювання, уникати препаратів, що містять ртуть (наприклад, гранозан). Адже вони значно знижують польову схожість насіння, а надто – при травмуванні зародків (Шелепова & Кавунець, 1988; Дерев'янка, 2011; Фадеев, 2011; Михайлов & Кольцов, 2013; Запорожан та ін., 2018).

Протруєння важливо поєднувати з інкрустацією, додаючи пестициди до плівкоутворювача. Інкрустація насіння з нанесенням на його поверхню плівкоутворювальної речовини з додаванням органічних і мінеральних фунгіцидів, інсектицидів, стимуляторів росту та мікроелементів є обов'язковою складовою інтенсивної технології рослинництва, оскільки

дозволяє отримати збільшення врожаю зернових культур на 15-20 %, цукрових буряків на 5-10 %, кукурудзи на 7-12 % (Добротворцева, 1986; Юнусов, 1999; Саблук & Димитров, 2017). Велика частка в цьому результаті доводиться на, власне, інкрустацію, як засіб захисту плівкою травмованих місць насіння. Так, за даними досліджень нанесення плівкоутворюючого барвника підвищувало енергію проростання і схожість на 3-5 % (Тарасенко, 2003). Особливо помітний результат обробки некондиційного насіння. Таким чином, обробка некондиційного насіння ріпаку підвищила енергію проростання до 11 %, а схожості до 8 % (Бучинський, 2010; Rajjou et al., 2012). Завдяки високій якості інкрустації можливо: істотно (до 50 %) знизити витрату препаратів, запобігти відшаровуванню препарату від поверхні і осипання нанесеної речовини, утримати високі насіннєві показники насіння і убезпечити довкілля та людей при пересипанні, транспортуванні, завантаженні протруєного насіння, при сівбі (Юнусов, 1999; Дерев'янка, 2015).

Протруювати з інкрустацією рекомендовано перед сівбою. насіння з підвищеною вологістю завчасно протруювати небажано. Протруювання, проведене завчасно, знижує схожість на 20-24 % (Дерев'янка, 2016). До перспективних способів знезараження насіння перед закладанням його на зберігання належать мікрохвильова обробка і озонування (Тарасенко та ін., 2003; Каленська та ін., 2009; Новицька, 2012).

Зрозуміло, що уникнути травмування насіння неможливо, як і відновити його посівні якості до рівня цілісного організму. Можна лише обмежити ступінь його пошкодження. З цією метою під час жнив у комбайна періодично регулюють щілини між деком і барабаном та швидкість його обертання. Протруювання насіння сприяє зниженню негативних наслідків даного явища, завдяки чому схожість травмованого насіння зростає, переважно шляхом знешкодження патогенної мікрофлори і стимуляції ростових процесів (Новицька, 2008; Тарасенко, 2003; Дерев'янка, 2011; Фадеев, 2011; Запорожан та ін., 2018).

4.3. Шляхи зниження негативного впливу травмування насіння зернових злакових та зернобобових культур

При сівбі травмованого насіння в ґрунті гине приблизно 30-40 кг насіння . Як наслідок – стеблостій виходить розріджений. Для озимих культур це менш небезпечно (число стебел вирівнюється завдяки додатковому кущінню), а ярі не мають здатності відновлювати стеблостій через кущіння, що і призводить до великих втрат. Так, тільки через зрідженість сходів врожай озимих знижується на 7 %, а ярих на 20 %. Можна з впевненістю стверджувати, що зниження польової схожості обумовлене наявністю в посівному матеріалі травмованого насіння, яке не виявили в умовах лабораторного аналізу (Сечняк та ін., 1977; Писаренко та ін., 1987; Кавунець, 1999; Дерев'янка, 2011, 2012).

У травмованого насіння іноді відзначають підвищену інтенсивність початкового росту (Кавунець та ін., 2005). Так, макротравми оболонок в області зародка майже не послаблюють інтенсивність початкового росту, але згодом ці рослини помітно відстають в розвитку. На думку генетиків, травмований неповноцінний посівний матеріал гальмує ростові процеси і зменшує продуктивність рослини. Зниження врожайності, спричинене травмованим посівним матеріалом, особливо проявляється в посушливі роки. За нестачі ґрунтової вологи схожість цілого насіння становила 60 %, а травмованого – всього лише 16 % (Сечняк та ін., 1977). Травмування насіння неабияк знижує схожість при низьких температурах ґрунту та неоптимальній глибині загортання (Куперман, 1948; Дерев'янка, 2012; Михайлов & Кольцов, 2013).

У пошуках шляхів зменшення негативних наслідків травмування насіння для покращення його посівних якостей впродовж 2007-2012 рр. нами було проведено ряд лабораторних та вегетаційних досліджень з вивчення дії біологічних, фізичних та хімічних чинників – протруйників, рістрегулюючих

препаратів, інокулянтів, озону та нанометалів на лабораторну та польову схожість цілого та травмованого насіння пшениці твердої та сої.

Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що завдяки активнішому проникненню наночастинок металів в насіння за рахунок малого розміру частинок і їх нейтрального (у електрохімічному сенсі) статусу вони впливають на біологічні об'єкти на клітинному рівні, вносячи свою надлишкову енергію, що сприяє підвищенню ефективності проходження обмінних процесів у насінні, а також, на відміну від їх солей, потенційно менш токсичні.

Обробка як цілого, так і травмованого насіння пшениці твердої неіонними колоїдними розчинами наночастинок металів срібла та марганцю, переважно завдяки антисептичній дії, краще проявляється в польових умовах, підвищуючи польову схожість насіння. В лабораторних умовах, де створюються оптимальні умови для росту насіння і нівелюється вплив ґрунтово-кліматичних факторів, кращими для проростання насіння пшениці виявилися варіанти обробки наночастинками заліза, міді і молібдену (табл. 14). Очевидний позитивний ефект від застосування для передпосівної обробки насіння нанометалами зафіксовано нами в досліді з травмованим насінням м пшениці твердої, польова схожість якого, обробленого наночастинками металів, перевищувала контрольні варіанти на 1,3-8,9 %. Серед досліджених нами фізичних, хімічних і біологічних чинників передпосівної підготовки насіння сої варто відмітити перевагу протруйників, озонування та регуляторів росту на покращення посівних якостей травмованого насіння. Протруєння насіння – один із ефективних заходів боротьби з хворобами, що передаються з посівним матеріалом, однак протруєння травмованого насіння рекомендують проводити з особливою обережністю, враховуючи їх неадекватний вплив на саму насінину, оскільки одні протруйники можуть нейтралізувати, а інші посилювати шкодочинність травмування.

Посівні якості насіння за різної обробки (середнє за 2007-2012 рр.)

(Каленська С. М., Новицька Н.В.)

Передпосівна обробка насіння, <i>фактор В</i>	Ціле насіння (контроль)			Травмоване		
	*Еп, %	Лс, %	Пс, %	*Еп, %	Лс, %	Пс, %
Пшениця тверда яра, сорт Ізольда (<i>фактор А</i>)						
Контроль I (без обробки)	91,4	93,2	76,2	67,2	83,1	62,5
Контроль II (вода)	92,3	93,2	77,2	78,0	82,2	58,2
Розчин Zn (10^{-9})	97,2	100	78,6	80,6	85,2	64,5
Розчин Ag (10^{-9})	90,3	93,3	76,7	76,3	89,1	70,5
Розчин Co (10^{-9})	94,1	95,1	80,4	79,6	84,1	62,6
Розчин Fe (10^{-9})	92,3	94,2	71,2	71,2	80,1	50,2
Розчин Mn (10^{-9})	93,2	95,2	82,4	72,2	90,0	71,4
Розчин Cu (10^{-9})	91,2	99,2	74,2	72,2	87,2	62,2
Розчин Mo (10^{-9})	95,5	99,1	77,2	81,5	89,1	68,2
<i>НІР</i> 0,05	1,1	1,4	0,8	1,5	1,6	1,1
Соя, сорт Аннушка (<i>фактор А</i>)						
Контроль I (без обробки)	91,2	96,1	82,6	80,2	88,6	66,4
Контроль II (вода)	92,2	97,1	83,4	81,0	89,4	58,0
Максим	92,0	97,7	88,3	80,9	89,3	54,2
Фундазол	91,7	97,2	90,2	81,8	92,2	68,4
Вітавакс	91,9	97,0	91,5	82,1	91,5	68,5
Ризоторфін	91,0	96,3	83,2	80,8	89,2	60,0
Ризогумін	92,3	96,1	83,4	81,0	89,4	56,9
Хетомік	92,2	96,6	86,6	81,2	90,6	68,2
Циркон	96,6	100	91,2	88,8	92,2	70,1
Деймос	96,2	100	92,5	90,1	93,5	72,3
Гумат	96,5	100	89,6	88,2	91,6	69,1
Озонування	97,7	100	89,3	86,9	92,3	72,8
Колоїдний розчин наночасток металів (10^{-9})	96,5	98,1	88,7	86,3	90,7	69,5
<i>НІР</i> 0,05	2,2	1,7	2,8	1,3	1,5	3,2

*Примітки: Еп – енергія проростання; Лс – лабораторна схожість; Пс – польова схожість

Серед досліджених нами інокулятив, які на покращення посівних якостей насіння сої суттєво не вплинули, слід виділити хетомік, який

створено на основі гриба-антагоніста з роду хетомій. Обробка травмованого насіння сої хетоміком підвищила польову схожість насіння на 2 % в порівнянні з сухим контрольним зразком.

У наших досліджах регулятори росту рослин нового покоління (циркон, деймос, гумат) сприяли підвищенню енергії проростання (на 4-10 %), лабораторної (на 3-5 %) та польової (2-10 %) схожості як цілого, так і травмованого насіння сої. Пояснюється це тим, що на цих варіантах прискорюється набухання насіння, в порівнянні з варіантами з сухим і намоченим у воді насінням, і вимивання з них метаболітів. Внаслідок цього спостерігається більш рання активізація ферментних систем, трансформація складних пластичних речовин в більш прості.

В лабораторних умовах дані препарати на показники енергії проростання та схожості насіння сої діяли рівнозначно, тоді як в менш сприятливому середовищі – польових умовах, препарати, які містять в собі сполуки з фунгіцидною, антибактеріальною та антивірусною активністю виявилися більш дієвими. Зокрема, регулятори росту деймос та циркон, які діють як імуномодулятори, підвищували польову схожість травмованого насіння сої до 70-72 %.

Озонування насіння сої також сприяло підвищенню його посівних якостей, оскільки в результаті підведеної високої електричної напруги в насінні відбувається іонізація та зміна концентрації речовин; завдяки іонізаційним процесам утворюється озон, який виконує антисептичну дію в насінні; часткові розряди і розпад озону підвищують температуру та прискорюють обмінні процеси в насінні. Озонування забезпечило 100 % лабораторну і 89,3 % польову схожість цілого насіння сої; травмоване насіння ці ж показники мало на рівні 92,3 і 72,8 %.

Результати проведених нами дослідів свідчать, що вплив протруйників на лабораторну схожість посівного матеріалу сої з травмованими оболонками досить незначний, тоді як в польових умовах протруйники покращують, порівняно з контролем, посівні якості травмованого насіння, захищаючи його

та стимулюючи ростові процеси. Польова схожість травмованого насіння сої при протруєнні фундазолом і вітаваксом зростала в порівнянні з контрольним сухим варіантом на 2 %, тоді як протруєння максимом XL 035 FS навпаки – посилило шкідливість травм і знизило польову схожість насіння на 12 %.

Контрольний зразок травмованого насіння сої, замочений до сівби в звичайній дистильованій воді, також мав низьку польову схожість (58,0 %), оскільки активізація ростових процесів у насінні за наявності вологи стимулювала і розвиток патогенної мікрофлори.

Протруювання різними хімічними препаратами на сьогодні є одним з найбільш дієвих, загальнодоступних і відносно дешевих способів підвищення посівних якостей насіння з механічним травмами. Слід пам'ятати, що травмоване насіння вимагає особливого підходу при протруєнні; не всі препарати, ефективні для цілого насіння, позитивно впливатимуть на травмоване.

Згідно результатів досліджень, проведених нами впродовж 2015-2017 рр. з метою вивчення впливу протруйників на посівні якості цілого і травмованого насіння пшениці м'якої після ручного та механізованого збирання, а також на ураженість проростків хворобами, стає очевидним, що посівні якості непошкодженого насіння (на прикладі пшениці м'якої) незрівнянно вищі травмованого, при протруюванні його схожість і сила росту близькі – різниця лабораторної схожості становить 1 %, польової – не перевищує 10 % (табл. 15).

Якість травмованого насіння пшениці м'якої сорту Балатон після протруювання значно підвищується: енергія проростання на 20–24 %, лабораторна схожість на 22–26 %, сила росту на 5–7 %, вага паростків у 2–3 рази більше. Така зміна якості насіння пояснюється значним зниженням в результаті його обробки шкодочинної дії мікроорганізмів і, в першу чергу, цвілевих грибів. Активність розвитку патогенної мікрофлори, її чисельність особливо зменшується на травмованому насінні, що дозволяє отримати більше число сходів у полі.

**Вплив протруювання на посівні якості цілого і травмованого насіння
пшениці м'якої сорту Балатон (середнє за 2015-2017 рр.)
(Каленська С. М., Новицька Н.В.)**

Характеристика насіння	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Сила росту		Польова схожість, %	Ураження патогенами, %
			кількість проростків, %	вага проростків у перерахунку на 100 шт., г		
Ціле насіння (ручний обмолот) без протруювання	98	100	98	8,6	80	22
Ціле насіння, протруєне Максим 025 FS	97	100	98	9,1	85	11
Ціле насіння, протруєне Вітавакс 200 ФФ	97	100	100	9,5	89	8
Травмоване насіння без протруювання	60	64	76	2,7	67	32
Травмоване насіння, протруєне Максим 025 FS	80	86	81	4,2	70	20
Травмоване насіння, протруєне Вітавакс 200 ФФ	84	90	82	6,1	74	14
<i>НІР_{0,05}</i>	3	5	2	1,8	³	⁴

Порівняльна оцінка двох протруйників свідчить про більшу ефективність на травмованому насінні пшениці м'якої Вітаваксу 200 ФФ. Енергія проростання травмованого насіння пшениці при цьому зростала на 24 %, лабораторна схожість – на 26 %, сила росту підвищувалася на 6 %. Застосування препарату Вітавакс 200 ФФ значно пригнічувало патогенну мікрофлору і підвищувало польову схожість травмованого насіння пшениці м'якої сорту Балатон на 7 %, ураження патогенами знижувалося на 18 %.

Позитивний вплив протруйника Вітавакс 200 ФФ на травмоване насіння пшениці м'якої зафіксовано в досліді з насіння м сорту пшениці м'якої озимої Мідас. Для підтвердження цього наведені нами дані (табл. 16) показують, що протруювання насіння пшениці озимої сорту Мідас

препаратом Вітавакс 200 ФФ підвищувало польову схожість травмованого насіння на 10–19 % і вона була майже на рівні схожості непошкодженого насіння .

Таблиця 16

**Вплив протруювання на схожість цілого і травмованого насіння
пшениці м'якої сорту Мідас (середнє за 2015-2017 рр.)
(Каленська С. М., Новицька Н.В.)**

Характеристика насіння	Оброблення насіння	Польова схожість, %	Сходи пошкоджені (%)	
			фузаріозом	гельмінтоспоріозом
насіння без видимих пошкоджень	Непротруєне	81	7,0	1,4
	Протруєне Вітавакс 200 ФФ	90	2,3	0,1
Травмоване насіння	Непротруєне	67	27,0	11,0
	Протруєне Вітавакс 200 ФФ	78	8,0	2,0
насіння із бункера комбайна	Непротруєне	78	8,5	4,7
	Протруєне Вітавакс 200 ФФ	86	5,8	0,7
<i>НІР_{0,05}</i>		4	2,4	1,3

Так, непротруєне насіння пшениці сорту Мідас без виявлених пошкоджень, отримане під час ручного обмолочування, мало показник польової схожості на рівні 81 %, з яких 7 % були уражені фузаріозом та 1,4 % – гельмінтоспоріозом.

Протруювання цього ж насіння препаратом Вітавакс 200 ФФ підвищувало його схожість на 9 %, а ураження патогенною мікрофлорою сходів при цьому було досить незначним і становило 0,1–2,3 %. У відібраного після ручного обмолочування травмованого насіння без попереднього протруювання польова схожість знижувалася майже на 20 % відносно цілого не протруєного насіння та травмованого, але протруєного насіння і становила 67 %.

Ураження сходів пшениці, отриманих з травмованого не протруєного насіння, фузаріозом досягало 27 %, гельмінтоспоріозом – 11 %. Протруювання травмованого насіння знижувало ураження сходів хворобами на 70–80 % відносно показників непротруєного насіння .

Завантаження насіння в різні місткості для зберігання безпосередньо пов'язане з його ушкодженням за динамічного контакту зі стінками або днищем. Зокрема, збільшення висоти падіння на бетонну поверхню з 12 до 30 м призводить до підвищення кількості травмованого насіння більше ніж удесятеро (Гимадиев, 2010; Тарасенко, 2003; Фадеев, 2012, 2013).

Травмування насіння під час навантажувально-розвантажувальних та транспортних робіт можна значно знизити. Зокрема, за транспортування збіжжя самопливом потрібно стежити за тим, аби заповнюваність зерном провідів була не менше 60 %, бо за вільного падіння зерно небезпечніше, частіше та сильніше вдаряється.

Технологічна схема переміщення насіння та розташування обладнання мають забезпечувати якомога меншу висоту і кількість підйомів й падінь насіння, а також число перепадів у технологічній лінії. Місця вигинів і поворотів мають бути покриті матеріалами з пружними властивостями, наприклад м'якими полімерами або гумою (Кузнецов, 1983; Анискин, 1992; Чижигов, 2001; Тарасенко, 2006; Дерев'янка, 2015).

Виконувати всі зерноочисні та сортувальні роботи потрібно лише за позитивної температури навколишнього повітря, оскільки міцність зернівки зі зниженням температури зменшується, і вона стає більш крихкою. За температури нижче 0°C зерно стає ламким, тому обробка насіння взимку призводить до його значного травмування і погіршення посівних властивостей. Сортування пшениці за мінусової температури збільшує травмування на 50 %, жита – на 40 %, а схожість знижується в середньому на 20 % (Тарасенко, 2003; Фадеев, 2012, 2013).

Нами встановлена різниця посівних якостей насіння пшениці, отриманих після ручного та механізованого обмолочування. Зокрема, насіння

пшениці із бункера комбайна мало нижчу польову схожість і вищий відсоток ураження сходів хворобами в порівнянні з непошкодженим насінням після ручного обмолочування, як при застосуванні протруйника, так і без протруювання. Зокрема, насіння пшениці м'якої озимої сорту Балатон після механізованого збирання мало польову схожість в межах 78–86 % залежно від застосування протруйників, ураження патогенами – 7–13 % відповідно.

Ручний обмолот підвищував посівні якості насіння і польова схожість перевищувала 80 %, ураження патогенами знижувалося нижче 10 %. Варто відмітити, що протруювання травмованого насіння пшениці м'якої озимої сорту Мідас підвищувало його посівні якості до рівня непротруєного насіння після механізованого збирання.

Зрозуміло, що уникнути травмування насіння під час збирання та післязбиральної доробки неможливо, як і відновити його посівні якості до рівня цілісного організму. Однак результати наших дослідів свідчать про те, що існує шлях зниження негативних наслідків даного явища, зокрема протруювання насіння, завдяки якому схожість травмованого насіння зростає, переважно за рахунок знешкодження патогенної мікрофлори і стимуляції ростових процесів при пошкодженні оболонок насіння.

5. ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР

Високоякісний посівний матеріал є важливою умовою отримання високих врожаїв та якісної сільськогосподарської продукції (Грабар та ін.,

2010; Ларионов та ін., 2009; Новицкая, 2009; Фадеев, 2011). Оскільки насіння зберігається впродовж тривалого часу, для збереження його довговічності, посівних якостей і урожайних властивостей необхідно забезпечити ефективну систему його захисту від несприятливих чинників упродовж періоду формування, збирання та зберігання насіння. У разі неправильного зберігання насіння стрімко втрачає свої посівні якості (Новицька, 2019). Тому, актуальною проблемою як для виробництва, так і для науки є довговічність насіння та чинники, які її обумовлюють (Макрушин, 1994; Їжик, 2000; Каленська та ін., 2013; Бугайов, 2016).

Розрізняють довговічність біологічну, або абсолютну, і господарську. Під біологічною довговічністю мають на увазі той проміжок часу, упродовж якого хоча б якась частина партії насіння зберігає довговічність і може прорости. В природних умовах зберігання біологічна довговічність насіння сільськогосподарських рослин не перевищує 10–15 років (Кіндрук, 2003; Вишне夫ська та ін., 2005, 2007; Задорожна та ін., 2013). Господарська довговічність – проміжок часу, упродовж якого насіння зберігає свої посівні якості, передбачені стандартами. Виділяють також генетичну довговічність – період часу, упродовж якого насіння не втрачає своєї генетичної цілісності (Бартон, 1964; Емельянова, 1978; Каленська та ін., 2011).

Довготривале зберігання насіння у життєздатному стані є необхідною умовою ефективного використання генофонду рослин сучасними і майбутніми поколіннями. На збереження довговічності насіння може впливати ціла низка чинників: біологічні властивості видів, екологічні, агротехнічні та інші умови вирощування, а також умови зберігання (Хорощайлов & Жуков, 1978). Більшість дослідників вважають, що вищезазначений показник багато в чому залежить від спадкових чинників (Карпов, 1974; Гузь та ін., 2020), фізіологічних властивостей, що обумовлено будовою оболонки, а також від хімічного складу і фізичної структури насінини (Емельянова, 1978; Никитенко, 1976; Куперман, 1984; Бугайов,

2016). Проте, навіть види, близькі за цими властивостями насіння, можуть відрізняються за терміном зберігання (Карпов, 1974; Бартон, 1964).

Зберігати довговічність – біологічне пристосування та стійкість насіння до мінливих навколишніх умов. Довговічність є наслідком властивості зберігати життя в умовах навколишнього середовища і, головним чином, залежить від внутрішніх факторів – рівня та характеру обміну речовин насіння. Тому насіння різних видів рослин має різну тривалість зберігання. Залежність між хімічним складом і довговічністю насіння пов'язана з втратою запасних поживних речовин, що значно зростають при збільшенні вологості насіння (Новицька, 2019; Сафина & Филипенко, 2013), хоч ця теза має більше противників, ніж прихильників (Гриценко & Калошина, 1984; Карпов, 1974). Хімічний склад та морфологія насіння передусім є видовою та сортовою ознакою, проте визначається також умовами його формування, які можуть призвести до змін, які нерідко перевищують сортові значення (Бартон, 1964; Кретович, 1945; Артемов, 1989).

Краще зберігається насіння, вирощене на збалансованому за фосфором фоні. насіння, отримане з поля збагаченого азотом, зберігається гірше, за його надмірності – зовсім непридатне для зберігання, втрачає посівні та врожайні якості, а при тривалому зберіганні стає некондиційним за схожістю (Кретович, 1945; Гриценко & Калошина, 1976; Меркулова & Алексеева, 1979; Новицька, 2008).

Результати досліджень залежності посівних якостей насіння ріпаку від строків збирання, проведених на кафедрі рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України вказують на те, що вищу енергію проростання та лабораторну схожість має насіння, зібране у фазу зеленої стиглості та підсушене в природних умовах (Юник та ін., 2006). Пояснень високої схожості недозрілого насіння ріпаку може бути декілька: внаслідок гарної проникності насінної шкірки зелених насінин; через незавершеність хімічних перетворень в насінні, які сприяють його зберіганню в стані спокою та інші причини (Шпаар та ін., 1987, 1999). У

деяких культур відмінна проникність насінної шкірки спостерігається тільки в зеленому вигляді (наприклад, у буркуну білого), але в міру дозрівання вона стає водонепроникною і схожість насіння знижується (Bewley & Black, 1994; Каленська та ін, 2017).

Причинами старіння насіння за Харрінгтоном (Harrington, 1972, 1973) є різнохарактерні процеси – руйнування хромосом, втрата дихальної активності, утворення токсичних сполук, руйнування гормонів, необхідних для проростання, денатурація білків та самоокислення жирів (Pinzino et al., 1999). Велика кількість факторів, які призводять до втрати довговічності насіння, не дають повністю передбачити та спрогнозувати зміни, які відбудуться в насінні упродовж зберігання за несприятливих умов (Бартон, 1964; Гриценко & Калошина, 1976; Дашевский & Закладний, 1978).

Проте, процес старіння насіння неодмінно супроводжується зниженням вмісту крохмалю та білка (Емельянова, 1978; Wang et al., 2011). Для підтримання довговічності насіння їм необхідна енергія, яку вони отримують завдяки дисиміляції запасних органічних речовин, переважно цукрів. У насінні злакових культур поповнення цукрів відбувається через розщеплення крохмалю за участі ферментів (Задорожна та ін., 2013). При цьому загальний вміст вуглеводів лишається незмінним (Смоликова, 2014). А для отримання сходів у насінні мають бути не лише необхідні речовини, але й у відповідних кількостях і певних співвідношеннях (Бактеев, 1855; Ижик, 1976; Лихачёв, 1980; Zhao et al., 2016; Xu et al., 2011; Sun et al., 2015).

Олійні культури швидко втрачають довговічність в неконтрольованих умовах (Никитчин, 1996; Каленська, 2017). Це пов'язано з перекисним окисленням ліпідів (насіння містить багато ліпідів) та іншими біохімічними процесами, що призводить до руйнування мембран, зокрема мітохондріальних (Емельянова, 1978). насіння олійних культур має певну специфіку зберігання, оскільки запасні речовини, що використовуються зародком для проростання, відкладаються в насінні у вигляді жирів. Жир не в змозі утримувати та зв'язувати вологу так, як білки та крохмаль. Під час

зберігання відбувається швидке самозігрівання насіння через дихання, яке проходить переважно завдяки жирам. Це пояснюється тим, що окислюючись жири вивільняють більше тепла, ніж вуглеводи, внаслідок чого знижується якість насіння (Артемов, 1989; Леурда & Бельских, 1974; Никитенко, 1976; Гриценко & Калошина, 1976; Шпаар та ін., 1999).

У зв'язку із значною втратою сухої речовини, склад навколишнього повітря також може значно змінюватися. В елеваторах у міжзерновому просторі вміст CO_2 зростає до 13 % (замість 0,03 %), а вміст O_2 знижується до нуля. 1 кг сухої речовини насіння може виділяти за добу 60-120 л CO_2 . При диханні виділяється також значна кількість H_2O , яка у вигляді пару виходить з міжзернового простору, але частина її у вигляді крапель осідає на поверхні насіння і зволожує його. Вологе насіння інтенсивніше дихає, при цьому виділяється велика кількість тепла; а оскільки насіння має дуже низьку теплопровідність, то відбувається значне місцеве нагрівання (самозігрівання). Це, своєю чергою, підсилює дихання, і температура в міжзерновому просторі може підвищуватися до 60-90 °C (Кретович, 1945; Harrington, 1972; Сафина & Филипенко, 2013).

Наявність вільної води (більше 2 % сухої речовини або 17 % загальної вологості) спричиняє різке зростання інтенсивності дихання. Межею, за перевищення якої починається активна діяльність фізіологічної системи насіння, пов'язаної із процесами набрякання, вважають критичну вологість. Критична вологість насіння кукурудзи, пшениці, жита, вівса, проса, рису та інших злакових культур знаходиться в межах 14,5-15 %. Для бавовнику вона становить 12,0 %, сої – 12,5 % (ДСТУ 2240-93, 1994). Для льону вона значно нижча – 8,5 %, для рицини – 7,5 %, що пояснюється гідрофобністю жирів, які не зв'язують воду, і вся волога зосереджується в «головній» частині насіння (тобто в сухій речовині, за винятком жиру). Вологість гідрофільної (тобто без жиру) частини насіння льону (критична вологість 8,5 %) становить 14,2 %. Зростання кількості жиру в насінні олійних культур зменшує гідрофільну

частину насіння і знижує межу критичної вологості (Crowe & Crowe, 1992; Шпаар та ін., 1999; Baskin & Baskin, 2014; Задорожна та ін., 2016).

насіння, яке пройшло обов'язкову післязбиральну обробку і насамперед висушене, зберігає високі посівні якості до сівби за належних умов зберігання.

Насіннесховища повинні відповідати технічним і санітарним вимогам: бути сухими і чистими, незараженими від хвороб і шкідників, добре провітрюватися. Тому перед засипанням насіння на зберігання насіннесховища та обладнання в них ремонтують і дезинфікують.

Зберігають насіння різними способами: насипом (на підлозі, у засіках, силосах, бункерах) і в тарі (мішках, контейнерах). насіння розміщують по культурах, сортах, репродукціях, категоріях сортової чистоти так, щоб запобігти його змішуванню і засмічуванню важковідокремлюваними домішками. Не рекомендується розміщувати в сусідніх засіках насіння важковідокремлюваних домішок, бажано недовантажувати їх на 15–20 см, щоб запобігти змішуванню посівного матеріалу. Якість зберігання насіння залежить від його вологості, висоти насипу, відносної вологи повітря тощо. Тому в насіннесховищах з активним вентиляванням висота насипу може бути 5 м, а в силосах, обладнаних засобами аерації та дистанційного контролю за температурою насіння – 30 м (табл. 17-20).

Кожну партію насіння в мішках складають штабелями на стелажі, висота яких не менше 10 см від підлоги. Ширина штабеля – 2 мішки. Проходи між штабелями і стінами приміщення – не менше 0,6 м, а між штабелями для приймання і відпускання насіння – не менше 1,3 м. На кожному засіку і штабелі прикріплюють етикетку з назвою-культури, сорту і зазначенням сортових і посівних якостей насіння. За станом насіння під час зберігання здійснюється систематичний візуальний контроль. При цьому стежать за появою шкідників, «комірною» запахом і зміною забарвлення насіння. Особливо важливим є контроль за температурою, вологістю і заселеністю насіння комірними шкідниками.

Таблиця 17

Висота насипу насіння і штабеля мішків при зберіганні

Культура	Вологість насіння, %	Холодна пора року		Тепла пора року	
		висота насипу, м	кількість мішків у штабелі, шт.	висота насипу, м	кількість рядів мішків у штабелі, шт.
Пшениця, жито, тритикале, ячмінь, овес, гречка	14,0	3,0	8	2,5	8
Горох, кормові боби, квасоля, люпин, сочевиця, вика	14,0	2,5	8	2,0	6
Просо, рис	14,0	2,0	6	1,5	4
Соя, ріпак, арахіс, гірчиця, еспарцет	14,0	1,0	5	1,0	4
Соняшник, рицина	7,0	1,0	5	1,0	4
Льон-довгунь	13,0	2,0	8	1,5	6
Люцерна, конюшина, буркун	13,0	-	5	-	4
насіння злакових трав	15,0	-	8	-	6
Кукурудза в зерні	14,0	-	8	-	6

Температуру з початку зберігання насіння потрібно вимірювати щодня – в різних місцях і на різній глибині: на 20–30 см від поверхні насипу і внизу від підлоги і в середній його частині. В перші два місяці зберігання температуру вимірюють 2–3 рази на тиждень, а взимку–2–3 рази на місяць. Пізно восени та навесні, коли підвищена вологість повітря і коливання температури можуть спричинити самозігрівання насіння, слід особливо уважно стежити за його температурним режимом. При підвищенні температури насіння спостереження за ним ведуть щодня і вживають негайних заходів до її зниження.

Таблиця 18

**Орієнтовні строки стійкого зберігання насіння зернових культур
залежно від його вологості й температури повітря**

Середньодобова температура повітря, °С	Термін стійкого зберігання (діб) насіння з вологістю		
	12 %	14 %	16 %
5	Тривалий строк		
10	Те саме	Те саме	126
15	- // -	- // -	32
20	- // -	93	14
25	- // -	32	7
30	- // -	19	4

Таблиця 19

**Тривалість безпечного зберігання кукурудзи залежно від вологості
качанів та температури повітря**

Середньодобова температура повітря, °С	Термін стійкого зберігання (діб) насіння з вологістю		
	20 %	25 %	30 %
- 5	Понад 120		120
0	Те саме	52	50
+ 5	89	38	31
+ 10	63	24	23
+ 15	47	16	10
+ 20	33	10	5

Таблиця 20

Періодичність перевірки насіння на зараженість

Вологість насіння,	Температура насіння, °С
--------------------	-------------------------

%	нижче 5	5-10	вище 10
До 15	1 раз у 20 днів	1 раз у 15 днів	1 раз у 10 днів
Вище 15	1 раз у 15 днів	1 раз у 10 днів	1 раз у 5 днів

Вологість насіння контролюють раз на місяць, якщо температура нижче 0 °С, і двічі на місяць, якщо температура насіння вище 0 °С. Схожість насіння визначають при засипанні його на зберігання і через 4 місяці.

Тривалість збереження життєздатності насіння залежить від вологості насіння, вологості і температури повітря, якості самого насіння, відсутності збудників хвороб та шкідників як на самому насінні, так і в складських приміщеннях. Велике значення мають також способи зберігання насіння (насіпом, у мішкотарі, контейнерах) та його розміщення, які повинні забезпечити раціональне використання місткості сховища, не допускати змішування різних партій, забезпечити вільний доступ до кожної з них з метою догляду впродовж всього періоду зберігання. У сховищі, біля входу, прикріплюють карту розміщення і пересування партій насіння.

При зберіганні насіпом висота зерна не повинна перевищувати 2 м для зернових і зернобобових, і 1,5 м для олійних культур. Стіни засіків повинні мати надійну ізоляцію. Засіки не досипають на 15-20 см. насіння, затарене в мішках, складають у штабелі на настилах на відстані 15 см від підлоги, відстань від стін сховища і між штабелями – 70 см. Між штабелями залишають технологічні проходи не менше 1,5 м. Для кожної партії насіння готують штабельний ярлик, в якому вказують культуру, сорт, категорію, репродукцію, маса, рік врожаю і сортові документи (назва, номер і термін дії).

Вологість насіння, яке закладається на зберігання, не повинно перевищувати критичної межі вологості. Критичний поріг вологості для основних сільськогосподарських культур такий: для пшениці, жита, ячменю – 14-15 %; кукурудзи – 13-14 %; проса – 12-13 %; соняшнику – 7-9 %.

Сучасні насіннєсховища обладнані пристроями для контролю, засобами активного вентилявання і механізації. У процесі зберігання систематично здійснюють органолептичний контроль насіння (запах, колір, вологість), а також аналітичний контроль за посівними якостями і зараженістю шкідниками. Нагляд ведуть за кожною партією, кожною одиницею насіння, особливо ретельно за партіями з підвищеною травмованістю і вологістю.

Органолептичний аналіз має велике значення при зберіганні насіння : втрата блиску, білявий, сіруватий колір насіння – результат самозігрівання; затхлий запах – зберігання у вологому приміщенні; рибний запах – ураження твердою сажкою; цвілий запах – активна діяльність мікрофлори, що свідчить про підвищену вологість і можливі осередки самозігрівання.

Всі партії насіння проходять повний аналіз у Державній насіннєвій інспекції кожні: 4 місяці – для зернових і зернобобових; 3 місяці – для кукурудзи; 6 місяців – для кормових, овочевих і баштанних; 2 місяці – для насіння ураженого кліщем. Для обліку аналізу насіння ведуть «Шнурову книгу обліку насіння » встановленої форми.

насіння різних культур за однакової вологості в однакових навколишніх умовах дихає з різною інтенсивністю. Найвищою енергією дихання володіє насіння олійних культур; насіння кукурудзи дихає інтенсивніше, ніж інших злакових, останні можна розташувати в наступний ряд по зменшенню інтенсивності дихання: овес, жито, пшениця. Ще слабкіше дихає насіння гречки й зовсім слабо – бобових. Зерно гороху дихає в 8-10 разів менш інтенсивно, ніж насіння пшениці. Зі свого боку, насіння пшениці з вологістю 16 % виділяє 0,90 мг CO₂ на 100 г сухої речовини, а гороху – тільки 0,08 мг (Бартон, 1964; Горелова, 1986; Карпов, 1974; Дашевский & Закладний, 1978; Сафина & Филипенко, 2013; Григоровська, 2012; Білоножко, 2001, 2004).

Різниця спостерігається не лише між культурами, а й між сортами: у соняшника чим вище вміст жиру – тим вище енергія дихання. Наприклад,

вміст жиру в різних сортів соняшника та кількість вуглекислого газу, що виділюється при диханні (у мг на 100 г сухої речовини за 24 год) за вологості насіння близько 9 % був наступним: 30,2 % жиру – 3,24 мг CO₂, 39,2 – 5,49 мг, 43,3 % – 14,31 мг, 46,7 % – 21,15 мг (Erba et al., 2016).

На характер та інтенсивність дихання неабияк впливають будова оболонки насіння, вага зародка, кількість запасних поживних речовин і т. д. Оболонка насіння, навіть найтонша, захищає його, а її травмування спричиняє підвищення інтенсивності дихання (Soriano et al., 2011; 2014). Насіння льону і соняшнику без оплодня (шкірки) дихають інтенсивніше, ніж ціле насіння цих культур. Слабка інтенсивність дихання насіння ячменю зумовлена низькою проникаючою здатністю його насіннєвих покривів (Гриценко & Калошина, 1976; Шпаар та ін., 2001). Найбільш діяльною частиною насіння є зародок, тому процес дихання в ньому протікає досить інтенсивно. Зародки злакових культур виділяють CO₂ в 12 разів більше, ніж зерно в цілому. Зародок кукурудзи дихає в 15 разів інтенсивніше, ніж решта насінини; пшениці – в 20 разів інтенсивніше ендосперму; зародки пшениці та рису виділяють від 65 % до 85 % всього CO₂, що утворюється під час дихання (Calucci et al., 2004; Capitani et al., 2011).

Чим більша температура – тим енергійніше відбувається процес дихання. Залежність, типова хімічним реакціям, визначається правилом Вант-Гоффа: за підвищення температури на 10 °C швидкість хімічних реакцій зростає в 2-3 рази, але ця закономірність простежується лише до 30-32 °C. Найенергійніше дихання відбувається за температури 50-55 °C і вологості вище 16-17 %. Зменшити інтенсивність дихання можна шляхом пониження температури насіння, методом продування через насіннєві маси холодного повітряного потоку (Хорошайлов & Жукова, 1978; Новицька & Степаненко, 2014).

На якість насіння при зберіганні значно впливає стан насіннєсховищ, вологість, температура, газовий склад повітря і наявність патогенів (Кретович, 1945; Горелова, 1986). Завдяки діяльності мікроорганізмів різко

зростає втрата маси насіння . Так, якщо насіння пшениці уражене грибами *Penicillium*, втрати сухих речовин становлять 2,3 %, а за поразки грибами *Aspergillus flavus* досягають 17,3 %. За ураження іншими грибами роду *Aspergillus* втрати насіння знаходяться в межах 4-6 % (Harrington, 1973). Тому, при надходженні вологого насіння необхідно провести його сушіння або тимчасову консервацію.

Дія руйнівних факторів під час післязбирального дозрівання, зберігання насіння в несприятливих умовах чи надто тривалого зберігання спричиняє те, що насіння втрачає здатність проростати та гине. Проростання неможливе, якщо запасні речовини значною мірою або повністю використані. За зберігання в сприятливих умовах запасні речовини зберігаються, а їх хімічний склад менше змінюється (Карпов, 1974; Силенко та ін., 2013; Дубовик, 2015). На думку Задорожної О. А. зі співавторами, навіть в сухому насінні під час зберігання продовжуються зміни, які відбуваються тим енергійніше, чим довше зберігається насіння (Задорожна, 2016). Задля запобігання невиправданим втратам насіння необхідно чітко контролювати його стан, відповідно до діючих рекомендацій.

5.1 Довговічність насіння озимих зернових культур залежно від видових особливостей, умов вирощування, збирання та зберігання

Довговічність насіння в науковому аспекті означає його здатність зберігати життєздатність упродовж певного часу, тобто під довговічністю розуміють тривалість життя насіння . Вона обумовлюється як біологічними особливостями культури, так і умовами, що складаються в процесі зберігання насіння . Існуюча класифікація поділяє довговічність насіння на біологічну, господарську та генетичну. Біологічна довговічність – це проміжок часу, впродовж якого в насіннєвому матеріалі зберігається схожість хоч однієї насінини. В звичайних умовах зберігання біологічна довговічність насіння сільськогосподарських культур не перевищує 10-15 років. Під господарською довговічністю розуміють проміжок часу, упродовж якого насіння зберігає

схожість, яка відповідає чинним вимогам стандартів на посівний матеріал. Господарська довговічність насіння в зоні помірного клімату визначається двома-трьома роками, зрідка досягає чотирьох-п'яти років. Знання господарської довговічності важливе при створенні страхових насінневих фондів (Макрушин, 1994; Їжик, 2000, 2001; Бугайов, 2016; Каленська та ін., 2011, 2017).

Дослідженнями Кіндрука М.О. зі співавторами [9], проведеними в Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннізнавства та сортовивчення НААН України встановлено, що найкраще зберігається насіння за пониженої контрольованої температури (близько $+4^{\circ}\text{C}$) у герметичній тарі, вирощене в умовах, що сприяють формуванню підвищеного потенціалу врожайних властивостей. Таке насіння протягом тривалого зберігання (10 років) у зазначених умовах майже не втрачає своєї життєздатності (табл. 21).

Багаторічні дослідження свідчать, що насіння, яке заготовляють в урожайні роки, має вищі показники якості і зберігається без втрати кондиційних характеристик удвічі триваліше порівняно з насінням, отриманим у роки низьких врожаїв. За даними А. М. Вишневської та інших авторів, вищими є не тільки якісні показники насіння у роки найкращих врожаїв, а суттєво кращим є й потомство, вирощене із цього насіння. Збереження саме такого насіння є найбільш важливим і перспективним. Питання довготривалого зберігання насіння також є важливим при створенні генетичних банків насіння природних популяцій і перспективних сортів польових культур (Вишневська та ін., 2005; Силенко та ін., 2013; Задорожна та ін., 2016; Гузь та ін., 2020).

Таблиця 21

Мінливість показників життєздатності насіння сорту озимої пшениці Альбатрос одеський залежно від умов вирощування та зберігання за вихідної вологості насіння 7,6-7,8 %

(Каленська С. М., Новицька Н.В.)

Умови зберігання		Зміна показників (+, -)				
сховище	тара	енергія пророс- тання, %	схожість, %	сила росту, %	маса 100 сухих ростків, г	маса 100 сухих корінців, г
3 урожаю 1996 р.						
Камера	герметична	-3	-5	-11	-0,10	-0,11
	негерметична	-7	-9	-17	-0,13	-0,14
Комора	герметична	-7	-8	-12	-0,12	-0,13
	негерметична	-92*	-94*	-91*	-	-
3 урожаю 1997 р.						
Камера	герметична	+2	+3	+5	+0,06	+0,09
	негерметична	-1	-2	+2	-0,03	-0,04
Комора	герметична	+1	+1	+2	+0,02	+0,06
	негерметична	-22	-23	-13	-	-
3 урожаю 1998 р.						
Камера	герметична	+3	+2	+4	+0,03	+0,05
	негерметична	-2	-3	-1	-0,04	-0,05
Комора	герметична	-3	-3	-2	+0,01	+0,03
	негерметична	-12	-26	-21	-	-
3 урожаю 1999 р.						
Камера	герметична	-2	-4	-9	-0,04	-0,10
	негерметична	-5	-8	-15	-0,13	-0,18
Комора	герметична	-6	-7	-13	-0,12	-0,15
	негерметична	-10	-11	-18	-	-
3 урожаю 2000 р.						
Камера	герметична	-2	-3	-13	-0,11	-0,12
	негерметична	3	-5	-14	-0,18	-0,20
Комора	герметична	-4	-93*	-15	-0,16	-0,17
	негерметична	5*	96	-94*	-	-
НІР _{0,05}		2,3	4,1	3,5	0,02	0,03
Р %		3,8	3,6	3,9	4,1	4,4

Примітка. насіння втратило життєздатність: *за три роки; **за чотири роки.

Отримані нами результати дозволяють уточнити уявлення про довговічність насіння озимих зернових культур, вирощених в умовах Лісостепу України. Середній період життєздатності (зниження схожості до

50 %) насіння жита озимого склав 7 років і пшениці приблизно 9 років. Проведений нами порівняльний аналіз тривалого 10-ти річного зберігання насіння різних видів засвідчив суттєву різницю збереження посівних якостей залежно від хімічного складу.

Відмінності за стійкістю насіння озимої пшениці та жита в перший рік зберігання виявилися несуттєвими. Середнє зниження схожості насіння пшениці на другий рік зберігання склало 0,7 % за сприятливого року для його формування та 1,7 % – за несприятливого. У насіння жита озимого відповідне зниження досягало 1,2 та 2,5 %. Різниця в зниженні схожості між культурами наростала поступово і стала суттєвою лише через 6-7 років при її значенні в межах 70-80 %.

При визначенні господарської довговічності неможливо зробити однозначний висновок про гіршу збереженість насіння жита. У сприятливому за умовами дозрівання 2007 році насіння жита і пшениці мало практично однаковий і досить тривалий період господарської довговічності. Воно зберігало кондиційну схожість приблизно чотири роки. Однак, в подальшому її зниження у насіння жита відбувалося помітно швидше, ніж у пшениці (табл. 22).

насіння пшениці озимої, отриманого в менш сприятливі роки, має певну перевагу при зберіганні. Так, насіння жита озимого, зібране в 2006 році (дуже сухі і холодні червень та липень – сума опадів у ці місяці була на 84 та 35 % менше норми на даний період) швидко втрачає схожість і відповідно – довговічність. Зниження якості насіння пояснюється посиленням травмування, значним збільшенням негативної дії мікроорганізмів, у першу чергу пліснявих грибів.

Таблиця 22

Динаміка лабораторної схожості насіння озимих зернових культур за тривалого зберігання (механізоване збирання)

Тривалість	Лабораторна схожість насіння, %	Зниження схожості, %
------------	---------------------------------	----------------------

зберігання (рік), <i>фактор В</i>	жито озиме, сорт Сіверське	пшениця озима, сорт Поліська 90	жито озиме	пшениця озима
Урожай 2006 року (рік відносно несприятливий)				
0	92,8	93,4	-	-
2	90,3	91,7	2,5	1,7
3	88,2	90,6	4,6	2,8
5	81,8	86,2	11,0	7,2
6	68,6	77,4	24,2	16,0
8	16,2	65,2	76,6	28,2
10	2,1	28,4	90,7	65,0
Урожай 2007 року (рік відносно сприятливий)				
0	92,9	93,6	-	-
2	91,7	92,9	1,2	0,7
3	90,6	90,6	2,3	3,0
5	89,6	88,7	3,3	4,9
6	63,6	72,8	29,3	20,8
8	41,3	70,3	51,6	23,3
10	2,6	42,6	90,3	51,0

Залежно від фази досягання культури, при якій збирали насіння, кращою для озимих культур виявилася воскова стиглість. Аналіз отриманих нами результатів не дозволяє однозначно характеризувати властивості і довговічність насіння ранніх строків збирання (молочна стиглість). Виявлено, що ранні строки збирання озимих зернових викликають недобір маси сухої речовини в перерахунку на 1000 насінин і більш суттєве погіршення їх якості при зберіганні (табл. 23).

Таблиця 23

Динаміка посівних властивостей насіння озимих зернових культур за різних строків збирання (2006 рік, ручне збирання)

Показники	Фаза досягання (стиглість)
-----------	----------------------------

	молочна	тістоподібна	воскова	повна	перестій на корені
Пшениця озима, сорт Поліська 90					
Маса 1000 насінин, г	41,3	42,2	46,1	46,6	43,9
Лабораторна схожість, %	98	96	95	94	86
Зниження схожості за 1 рік зберігання, %	1	1	0	0	2
3	1	1	0	2	9
5	5	2	3	4	24
8	68	16	12	21	71
10	88	50	37	46	98
Жито озиме, сорт Сіверське					
Маса 1000 насінин, г	26,4	29,8	30,9	30,7	30,0
Лабораторна схожість, %	95	94	94	93	84
Зниження схожості за 1 рік зберігання, %	0	1	1	2	26
3	3	3	2	5	52
5	14	7	6	11	68
8	81	61	54	59	97
10	98	92	91	91	100

Нами досліджено біологічну довговічність насіння різних видів залежно від способу збирання культур та їх тривалого зберігання. Істотні відмінності схожості насіння жита озимого молочної стиглості з недобором 10–15 % маси сухої речовини в порівнянні з насінням м воскової стиглості простежуються впродовж наступних 4–8 років зберігання, в залежності від погодних умов в рік вирощування. Звертає на себе увагу той факт, що насіння надраних строків збирання має максимально високу схожість 96–98 %. Але оскільки воно менш довговічне, є підстави стверджувати, що найважливіший показник посівних якостей насіння – високий рівень схожості – не завжди характеризує тривалість його зберігання.

Після дозрівання і перестою на корені насіння озимих пшениці і жита хоч і мало відносно високу схожість (86 та 84 %) і цілком задовільну стійкість при зберіганні, проте воно виявилось менш довговічним, ніж насіння зібране у фазу воскової стиглості. Лабораторна схожість такого насіння суттєво знижувалася з перших років зберігання і на 10 рік аналізування втрачалася на 98 % у пшениці озимої та на 100 % у жита озимого.

Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що довговічність насіння після механізованого збирання значно нижча, а початковий темп втрати схожості дещо вищий, ніж у зразків насіння після ручного обмолочування. Різниця у втраті схожості зростає поступово і досягає найбільшої величини через 6–8 років. Найбільша різниця зниження схожості насіння пшениці та жита за ручного та механізованого збирання становить 11–15 %.

насіння озимих зернових після ручного і механізованого збирання втрачає довговічність майже одночасно, через 8–10 років у жита і на 1–2 роки пізніше у пшениці (при даному режимі зберігання). В результаті – біологічна довговічність однотипного насіння незалежно від способу збирання приблизно однакова (табл. 24).

Зовсім іншими факторами визначається господарська довговічність насіння . Вона залежить не тільки від виду, але і від початкового рівня схожості насіння, того запасу якості, який можливо втратити при зберіганні в межах вимог стандарту на насіння . Механізоване збирання збільшує відсоток травмованого насіння і знижує початкову схожість насіння . Під час тривалого зберігання таких зразків насіння схожість насіння жита озимого на 8 рік знижується на 60 %, на 10 рік – на 85 %, пшениці озимої – на 22 і 63 %.

**Динаміка посівних властивостей насіння озимих зернових культур за
різних способів збирання (2006 рік збирання) (Каленська С. М.,
Новицька Н.В.)**

Показники	Жито озиме, сорт Сіверське			Пшениця озима, сорт Поліська 90		
	ручне збирання	механізоване збирання	різниця	ручне збирання	механізоване збирання	різниця
Лабораторна схожість, %	98	94	-	99	96	3
Зниження схожості за 1 рік зберігання, %	0	1	1	0	1	1
3	1	4	3	0	2	2
5	4	10	6	0	6	6
6	9	24	15	1	13	12
8	54	60	6	10	22	12
10	80	85	5	58	63	5

Внаслідок комплексного впливу травмування при збиранні та подальшого розвитку збудників захворювань господарська довговічність насіння, зібраного комбайном, скорочується майже вдвічі з 5–6 до 2,5–3 років у жита, і приблизно з 7 до 3–4 років у пшениці. Механічне травмування насіння помітно погіршує його стійкість при зберіганні, як правило в 1,5–2 рази знижуючи господарську довговічність, але мало позначається на біологічній довговічності насінневих партій. Остання залежить від властивостей нетравмованого насіння, яке є в партіях після механізованого збирання.

Довговічність насіння польових культур неабияк залежить від умов збирання, зокрема урожай насінницьких посівів зернових культур рекомендовано збирати прямим комбайнуванням та роздільним способом. Пряме комбайнування розпочинають при повній стиглості зерна і його вологості в межах 16-18 %, проса – при дозріванні зерна у верхній та

середній частині волоті; гороху і вики – при побурінні 70-75 % бобиків. За несприятливих погодних умов у період збирання врожаю обмолот вимушено проводять при підвищеній вологості зерна (18-22 %), передбачивши термінову очистку та сушіння насіннєвого матеріалу (Емельянова, 1978; Карпов, 1974).

При збиранні врожаю необхідно контролювати ступінь травмування насіння, який не повинен перевищувати 1 %. Для цього обмолот слід проводити в оптимальні строки на понижених швидкостях. Обороти барабана та щілини молотильних агрегатів комбайна повинні бути відповідно відрегульовані (Анискин & Матвеев, 1986; Карпов, 1974; Кіндрук, 2003; Молоцький та ін., 2006).

Свіжозібране насіння має низьку схожість через незавершеність процесів післязбирального досягання (Костенко, 1984). Водночас, дослідження (Николаева & Обручева, 1982) свідчать, що недозріле насіння жита вагою усього $\frac{1}{16}$ від ваги нормального зерна здатне давати проростки з вищою силою росту, ніж зріле насіння . насіння пшениці, жита і ячменю з вагою близько 10 % від нормального мало нормальну схожість і продуктивність (Матюшенко & Весна., 1990; Aziza et al., 2004). Однак, навіть за умови, що незріле насіння має 100 %-ву схожість, рослини з нього виходять слабкіші, аніж з насіння зрілого, внаслідок зниження потужності проростків (Веллінгтон, 1973; Овчаров, 1969, 1976; Bewley et al., 2013).

5.2 Господарська довговічність насіння пшениці ярої залежно від умов зберігання

Результати досліджень, отримані нами упродовж 24 місяців зберігання насіння пшениці ярої засвідчили, що у процесі зберігання насіння пшениці ярої відбувалося поступове підвищення зростання посівних якостей, очевидно за рахунок завершення процесів післязбирального досягання. На початок закладання насіння, одразу після збирання культури, енергія проростання та лабораторна схожість насіння пшениці ярої твердої сорту

Ізольда становили 82 і 90 %, сорту Жізель – 86 і 91 %. Через 6 місяців безвідносно температурних умов зберігання вони підвищилися до максимальних в досліді значень і становили для сорту Ізольда 91 і 96 % за зберігання в стабільно низькій позитивній (+5°C) температурі та 88 і 94 % в умовах *ex-situ*; 96 і 98 % та 94 і 98 % для сорту Жізель відповідно. В подальшому якість насіння поступово погіршувалася, особливо за зберігання в неконтрольованих умовах (табл. 25).

Таблиця 25

Динаміка довговічності насіння пшениці ярої залежно від умов зберігання,
середнє за 2012-2016 рр. (Каленська С. М., Новицька Н.В.)

Умови зберігання, <i>фактор В</i>	Ізольда			Жізель		
	Еп, %	Лс, %	М ₁₀₀₀ , г	Еп, %	Лс, %	М ₁₀₀₀ , г
Перед зберіганням (контроль)	82	90	45,2	86	91	42,1
3 місяці						
+5 С	90	93	45,3	91	95	42,9
<i>Ex-situ</i>	87	91	45,2	90	95	42,2
6 місяців						
+5 С	91	96	45,7	96	98	42,8
<i>Ex-situ</i>	88	94	45,5	94	98	42,9
12 місяців						
+5 С	90	96	45,8	96	99	42,8
<i>Ex-situ</i>	86	90	45,3	93	95	42,7
18 місяців						
+5 С	89	94	45,8	94	98	42,6
<i>Ex-situ</i>	81	89	44,2	90	94	42,3
24 місяці						
+5 С	90	92	45,5	93	96	42,4
<i>Ex-situ</i>	80	87	44,0	88	91	41,8
<i>HIP</i> 0,05	2	2	1,4	1	1	0,9

*Примітка:; Еп – енергія проростання, Лс – лабораторна схожість, М₁₀₀₀ – маса 1000 насінин

Зберігання насіння пшениці упродовж року в холодних, контрольованих умовах сприяє збереженню посівних властивостей насіння, в той час як зберігання в нерегульованому середовищі, при значних

коливаннях температурного режиму і підвищенні температури влітку до +26 °С призводить до зниження лабораторної схожості та енергії проростання за два роки зберігання на 6-7 %. Вищі показники посівної якості мало насіння досліджуваних сортів за умов зберігання в приміщенні з постійною температурою +5 °С. На показник маси 1000 насінин обох досліджуваних сортів пшениці ярої умови зберігання вплинули досить суттєво і через 24 місяці зберігання в умовах *ex-situ* маса 1000 насінин у сорту Ізольда знизилася відносно максимального значення на 1,5 г, у сорту Жізель – на 0,9 г. Втрати маси зерна відбуваються за рахунок інтенсивності його дихання.

За умови зберігання насіння у приміщенні з нерегульованою температурою при визначенні його посівних якостей суттєво збільшувалася кількість аномальних проростків, знижувалася енергія проростання та схожість, також з'являлися мертві та зігнилі насінини і спостерігався неприємний запах в приміщенні, що змусило встановити в приміщеннях примусове вентилявання. Разом з цим, насіння пшениці ярої, яке зберігалось в приміщеннях з нерегульованою температурою, при сівбі його в польових умовах навесні наступного року формувало більшу кількість аномальних проростків і при цьому суттєво (на 2-4 %) знижувалася його польова схожість. Однак за умов довготривалого зберігання, років 5-10, втрати посівних властивостей насіння, пшениці зокрема, можуть значно зрости.

Вищу технологічну якість мало насіння досліджуваних сортів пшениці ярої твердої за умов зберігання 0 °С. Через 2 роки зберігання в різних умовах вищий вміст білка – 13,2 % у сорту Жізель та 13,9 % у сорту Ізольда забезпечило зберігання насіння за стабільно від'ємних температур (-5 °С) та за 0 °С. Показники натури та склоподібності теж були вищими за зберігання в умовах 0 °С. Найгірше зберігалось насіння в неконтрольованих умовах, суттєво втрачаючи якість всього лише за рік зберігання (табл. 26).

**Динаміка технологічної якості зерна пшениці ярої залежно від умов зберігання (через 24 місяці), середнє за 2012–2016 рр.
(Каленська С. М., Новицька Н.В.)**

Умови зберігання, фактор В	Показники якості			
	натура, г/л	склоподібність, %	сирий білок, %	сира клейковина, %
Ізольда				
- 5 °С	799	68,6	13,9	28,3
0 °С	796	68,7	13,8	28,2
+ 5 °С	791	65,3	13,5	28,1
+ 12 °С	784	63,1	13,2	28,1
<i>Ex-situ</i>	754	50,2	12,5	27,4
Жізель				
- 5 °С	778	62,5	13,2	26,7
0 °С	771	62,0	13,0	26,2
+ 5 °С	769	62,1	12,4	26,9
+ 12 °С	761	58,9	12,1	26,7
<i>Ex-situ</i>	748	38,2	11,0	23,0
<i>HIP</i> 0,05	17	2,4	1,4	0,6

5.3 Довговічність насіння сої залежно від умов зберігання

Зберігати насіння олійних культур значно важче, ніж зерно злакових культур. насіння олійних відзначається високим вмістом гліцеридів високоненасичених жирних кислот (лінолевої і ліноленової), які схильні до нагромадження токсичних продуктів внаслідок пероксидації (Никитчин, 1996; Шпаар та ін., 1999; Мельник, 2007). В ліпідному комплексі насіння, яке зберігається, відбуваються ферментативні процеси – розщеплюються фосфоліпіди, гліцериди; при цьому відбувається накопичення вільних жирних кислот. Під дією кисню повітря і ферменту ліпоксигенази вони окислюються, утворюючи перекиси, гідроперекиси та інші продукти окислення. Це зумовлено високим вмістом у насінні олійних культур жиру, який не здатен зв'язувати й утримувати вологу (як білок і крохмаль), що призводить до великого насичення вологою інших речовин насіння і до

нерівномірного її розподілення. За загальної невисокої вологості концентрація води в тих частинах насіння, які містять білки і вуглеводи, може бути високою і тим вищою, чим більший вміст олії (Мельник, 2007).

У процесі зберігання насіння знаходиться в стані спокою і його життєдіяльність практично припиняється, відбувається фізіологічне визрівання, структурні та біохімічні перебудови (Baskin, 2003). Цей процес може здійснюватися як до збирання врожаю на материнській рослині, так і у період зберігання (Бартон, 1964; Горелова, 1986; Дубовик, 2015). Строна І. Г. виділяє два види спокою: фізіологічний (зв'язаний з тими або іншими особливостями в будові насіння, що гальмують процес проростання) і вимушений, зумовлений умовами зовнішнього середовища, що перешкоджають процесові проростання (відсутність води, необхідної температури тощо) (Строна, 1966; Строна & Матюшенко, 1982).

На думку багатьох дослідників, основною причиною втрати схожості насіння є процес його старіння. У насіння, як і у всякого живого організму, в процесі старіння погіршується (а згодом і цілком втрачається) довговічність (Сафіна & Филипенко, 2013). Це виявляється спочатку в появі проростків, що гинуть на різних етапах розвитку, а потім і в повній втраті схожості (Овчаров & Кошелев, 1978). Старіння насіння і втрата ним схожості – дуже складний і багатогранний процес (Гриценко & Калошина, 1984; Емельянова, 1978).

Оскільки насіннєвий матеріал зберігається впродовж тривалого часу, для збереження його посівних якостей і урожайних властивостей необхідно забезпечити ефективну систему його захисту від несприятливих чинників за формування й зберігання насіння. Незважаючи на те, що хімічний склад жирних кислот й інших компонентів характерний для кожної культури, залежно від кліматичних та погодних умов, технології вирощування та умов зберігання варіювання буває досить значне (Шпаар та ін., 1999; Бучинський, 2010; Мельник та ін., 2007).

Згідно результатів досліджень (табл. 27), кращою температурою для зберігання зерна сої є понижені температури в діапазоні $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Втрати маси зерна відбуваються за рахунок інтенсивності його дихання. Дихає насіння сої переважно за рахунок жирів, які при окисленні виділяють більше теплоти, ніж вуглеводи. насіння сої здатне швидко і в значних кількостях поглинати вологу з навколишнього середовища. Тому зберігати можна тільки насіння з критичною вологістю 10-12 %.

Таблиця 27

**Якість насіння сої залежно від умов зберігання, середнє за 2012-2016 рр.
(Каленська С. М., Новицька Н.В.)**

Умови зберігання	Маса 1000 насінин, г	Лабораторна схожість, %	Польова схожість, %	Вміст, %	
				жир	білок
Аннушка					
- 5 °С	116,2	92	84	22,96	35,45
0 °С	116,3	91	83	22,95	35,42
+ 5 °С	116,3	91	84	22,96	35,45
+ 12 °С	115,4	88	76	21,65	35,17
<i>Ex-situ</i>	114,9	76	65	20,23	34,15
Єлена					
- 5 °С	152,3	94	82	19,95	38,82
0 °С	152,1	94	81	19,86	38,85
+ 5 °С	152,2	95	81	19,82	38,74
+ 12 °С	151,3	87	75	18,81	38,16
<i>Ex-situ</i>	151,1	79	66	17,65	38,20
<i>НІР</i> 0,05	0,3	2	2	0,12	0,08

Зниження вмісту жиру та білка в зерні сої, яке зберігали за підвищення температури до $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ та в приміщенні з нерегульованою температурою, поступово знижувався за рахунок підвищення дихання зерна і втрати запасних речовин на даний фізіологічний процес. За зберігання зерна сої у приміщенні з нерегульованою температурою при сівбі його в польових умовах навесні збільшується кількість зерна з аномальними проростками, знижується польова схожість, в зерновій масі з'являються мертві та зігнилі насінини.

Вищі показники посівної якості мало насіння досліджуваних сортів сої за умов зберігання в холодних умовах при температурі -5°C . насіння, закладене на зберігання в приміщення з постійною температурою $+5^{\circ}\text{C}$, своїх посівних якостей також суттєво не втратило. За постійної температури $+12^{\circ}\text{C}$ в насінні сої було виявлено зігнилі, мертві насінини та більшу кількість аномальних проростків при підрахунку схожості та енергії проростання.

За умови зберігання насіння у приміщенні з нерегульованою температурою при визначенні його посівних якостей суттєво збільшувалася кількість аномальних проростків, знижувалася енергія проростання та схожість, також з'являлися мертві та зігнилі насінини і спостерігався неприємний запах в приміщенні, що змусило встановити в приміщеннях примусове вентилявання. Разом з цим, насіння сої, яке зберігалось в приміщеннях з нерегульованою температурою, при сівбі його в польових умовах навесні формувало більшу кількість аномальних проростків і при цьому суттєво (на 2-4 %) знижувалася його польова схожість. Технологічна якість зерна сої впродовж років досліджень та за різних умов зберігання змінювалася. Зокрема, кращу технологічну якість мало зерно досліджуваних сортів сої за умов зберігання в приміщеннях за постійної пониженої температури та температури на рівні 0°C . Вміст жиру та білка в зерні сої, яке зберігали за підвищення температури до $+5^{\circ}\text{C}$, $+12^{\circ}\text{C}$ та в приміщенні з нерегульованою температурою поступово знижувався за рахунок підвищення дихання зерна і втрати запасних речовин на даний фізіологічний процес.

Важливим фактором зниження довговічності насіння при тривалому зберіганні є *дихання*, у процесі якого витрачаються поживні речовини зародка (Ewart, 1908). Крім них, у насінні є запасні речовини ендосперму, що використовуються на дихання і ростові процеси тільки при проростанні (Wahid & Bounoua, 2013; Rosental et al., 2014; Zhao et al., 2018). Отже, поживних речовин, придатних для нормального функціонування дихальної системи, в насінні дуже мало (близько 1 %). У процесі зберігання вони

втрачаються. Поза тим, при диханні утворюється молочна кислота, яка зумовлює токсичну дію на ембріональні тканини зародка, погіршуючи довговічність насіння (Бартон, 1964; Горелова, 1986; Гриценко & Калошина, 1984; Jennifer et al., 2002).

Інтенсивність дихання насіння активізується під впливом вологості та температури, що спричиняє значні середньодобові втрати маси сухої речовини (Новицька, 2014, 2019). Небезпечна ситуація створюється за підвищення вологості або температури насіння, а надто – при спільній дії цих факторів. Це пов'язане з тим, що при вологості насіння 14-15 % різко зростає інтенсивність його дихання, а відтак ростуть і втрати сухої речовини (Baskin & Baskin, 2014; Schwember & Bradford, 2011).

Сухе насіння зернових культур (вологість 11-12 %) витрачає на дихання дуже незначну кількість органічної речовини – 0,2 %. За декілька років, насіння гороху за рік зберігання втрачає 0,001-0,002 % від початкової маси. Однак, вологе насіння втрачає в процесі дихання значну кількість органічної речовини – при вологості насіння 25 % втрата сухої речовини досягає 0,1 % за добу (за 1 добу 1 т насіння втрачає 1 кг сухої речовини).

Ці втрати можуть досягати 0,80 % залежно від сорту, умов збирання і т. д. (Бартон, 1964; Їжик, 2001; Карпов, 1974). Зокрема, насіння пшениці ярої з вологістю 19,3 % за 1 місяць зберігання після збирання втратило 0,50 % сухої речовини, насіння озимої пшениці з вологістю 20,2 % – 0,73 % (Вишневецька та ін., 2005). Вологе насіння характеризується підвищеною інтенсивністю дихання. За збільшення вологості насіння з 8-12 % до 14-16 % інтенсивність дихання зростає в 3-5 разів, а при 30-35 % – в тисячі разів.

При зростанні вологості насіння вівса з 13,5 до 19,5 % інтенсивність дихання зросла більш ніж у 470 разів; у жита при підвищенні вологості з 14,4 до 20,6 % цей показник збільшувався в 150 разів; насіння проса з вологістю 14-15,5 % дихає в 2-4 рази інтенсивніше, ніж сухе (з вологістю менше 14 %), а вологе насіння (вологість вище 17 %) дихає в 20-30 разів енергійніше сухого. Різко зростає інтенсивність дихання за підвищення вологості насіння

у олійних культур (Бактеев, 1955; Кретович, 1945; Дашевский & Закладний, 1978; Baskin & Baskin, 2014).

5.4 Довговічність насіння нуту при зберіганні в неконтрольованих умовах

Зберігання насіння – завершальний етап технологічного процесу, який повинен забезпечувати збереження життєздатності й сили росту насіння, запобігати засміченню і розповсюдженню хвороб та шкідників. Погіршення якості насіння під час зберігання відбувається від самозігрівання, розвитку комах, кліщів, мікроорганізмів тощо. Уникнути негативного впливу даних явищ можна за правильної підготовки насіння, раціонального розміщення його у сховищах, підтримання оптимального режиму зберігання (Бартон, 1964; Задорожна та ін., 2016; Фадеев, 2013).

Проблемі зберігання насіння – його генетичної цілісності, життєздатності та інших цінних господарських ознак та якостей, властивих тому чи іншому генотипові присвячена чисельна кількість публікацій у вітчизняній і зарубіжній літературі, починаючи від античних авторів і закінчуючи науковими розробками сучасних дослідників. Є чимало практичних рекомендацій та методичних вказівок щодо зберігання посівного матеріалу. Та незважаючи на це, багато питань залишаються нез'ясованими, особливо це стосується зберігання насіння упродовж тривалого періоду, наприклад, цінних колекцій рослин, селекційних та генетичних зразків, державних насіннєвих фондів тощо. Це безпосередньо стосується питання господарської довговічності насіння – періоду зберігання, упродовж якого схожість залишається кондиційною і відповідає вимогам державного нормування (Кретович, 1945; Хорошайлов & Жукова, 1978; Горелова, 1986; Дашевский & Закладний, 1978; Силенко та ін., 2013).

У біологічному відношенні насіння, яке мало високу схожість після збирання, краще зберігається. насіння з високими посівними якостями більш стійке проти грибів, бактерій, мікроорганізмів. Мертве, несхоже,

гниле насіння за несприятливих умов зберігання псується в першу чергу і є осередком поширення патогенної мікрофлори. Тому на довге зберігання слід закладати лише високоякісне насіння. Насіння, яке пройшло обов'язкову післязбиральну обробку і насамперед висушене, зберігає високі посівні якості до сівби за належних умов зберігання (Карпов, 1974; Вишневська та ін., 2005; Фадеев, 2012; Гузь та ін., 2020).

Вихідна або початкова схожість насіння – найважливіший чинник, який обумовлює збереження його життєздатності упродовж тривалого періоду. Чим вона вища, тим повільніше проходить процес старіння насіння у будь-яких умовах зберігання, тому на зберігання рекомендують закладати посівний матеріал з максимальним рівнем схожості. Зниження схожості, втрату життєздатності неможливо компенсувати навіть підвищенням норми висіву. Основною причиною низької схожості насіння є високий вміст у ньому вологи під час зберігання. Підвищення вологості насіння посилює в ньому процеси дихання, створює сприятливі умови для діяльності мікроорганізмів і підвищення активності збудників хвороб і шкідників. Промерзання вологого насіння призводить до механічного пошкодження клітин, особливо в зародковій частині. Ослаблені насінини після сівби уражуються грибками і мікробами. Таке насіння або зовсім не проростає, або дає ослаблені сходи (Меркулова & Алексеева, 1979; Пискунова, 1982; Чижиков, 2001; Вишневський та ін., 2007; Фадеев, 2011, 2013).

Господарська довговічність насіння є важливим аспектом життєдіяльності рослин і, безсумнівно, представляє чималий теоретичний і практичний інтерес для насінництва зернобобових культур і нуту зокрема. Згідно чинного ДСТУ 2240-93, схожість насіння нуту залежно від категорії не повинна знижуватися до рівня менше ніж 80 %. При цьому стандартна вологість насіння, що допускається під час зберігання партій насіння, не має перевищувати 14 %. Безпечні рівні вологості для зберігання нуту залежать від температури повітря, маси партії, а також від напрямку використання: для переробки на продовольчі, кормові або технічні цілі чи в якості посівного

матеріалу. Нут з підвищеною вологістю може прорости або покритися пліснявою, що призводить до підвищення температури, внаслідок чого погіршується якість протеїну і олії. В насінні нуту міститься до 8 % жиру і до 30 % білка, а як відомо з теорії зберігання насіння, швидко втрачає схожість насіння, до складу запасних речовин якого входять вуглеводи, потім жири, потім білки. Перші витрачаються у процесі дихання, жири – окислення, білки – коагуляції. Серед зернобобових культур найшвидше втрачає кондиційну схожість насіння арахісу та сої – на 7–10 рік зберігання (Бартон, 1964; Карпов, 1974; Лихочвор, 1999, 2001; Кіндрук, 2003; Каленська та ін., 2011).

Результати проведених досліджень свідчать, що вологість насіння сортів нуту упродовж п'яти років зберігання в умовах *ex-situ* знаходилася в межах норми і не перевищувала 13,0 %. Найвища вологість насіння відмічалася в перший рік зберігання і коливалася залежно від сорту від 9,4 % у сорту Розанна до 12,8 % у сорту Пегас. Виявлено, що в подальші роки зберігання вологість насіння поступово знижувалася: на 0,2–0,8 % на наступний рік, до 2,1 % на третій рік зберігання і на 0,1–0,2 % в наступні роки відносно попередніх (табл. 28). Найбільша втрата вологості насіння нуту – 4,0 %, серед досліджуваних сортів спостерігалася у сорту Пегас за рахунок вищої вихідної вологості зразків (12,8 %), найменша – 1,0 % у сорту Розанна, що обумовлено нижчою вихідною вологістю насіння на рівні 9,4 %. Енергія проростання насіння впродовж перших трьох років зберігання у досліджуваних сортів нуту Розанна, Тріумф та Пегас майже співпадала із лабораторною схожістю і різниця між цими показниками не перевищувала 1,0–2,0 %. Найбільша втрата вологості насіння нуту – 4,0 %, серед досліджуваних сортів спостерігалася у сорту Пегас за рахунок вищої вихідної вологості зразків (12,8 %), найменша – 1,0 % у сорту Розанна, що обумовлено нижчою вихідною вологістю насіння на рівні 9,4 %. Енергія проростання насіння впродовж перших трьох років зберігання у досліджуваних сортів нуту Розанна, Тріумф та Пегас майже співпадала із лабораторною схожістю і різниця між цими показниками не перевищувала 1,0–2,0 %. На четвертий рік

зберігання насіння нуту високу енергію проростання, нижчу лабораторної схожості лише на 2 %, мало насіння сортів Розанна та Тріумф. Це обумовлює високу життєздатність насіння даних сортів упродовж вищевказаного терміну зберігання і означає, що при оптимальних умовах для росту та розвитку воно має можливість прорости в досить короткий строк. Разом з цим, при подальшому зберіганні спостерігалася більш інтенсивна втрата енергії проростання порівняно із схожістю, де розбіжність, залежно від сорту і року зберігання була в межах 10–13 %. Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що чим вища вологість насіння нуту, тим швидше воно втрачає свою кондиційність при зберіганні в неконтрольованих умовах. Так, нижчу енергію проростання насіння нуту на п'ятий рік зберігання зафіксовано у сорту Пегас – 55 %, вихідна вологість якого становила 12,8 %.

Таблиця 28

**Довговічність насіння нуту за зберігання в умовах *ex-situ*,
середнє за 2013–2017 рр. (Каленська С. М., Новицька Н.В., Барзо І.)**

Рік	Розанна			Тріумф			Пегас		
	Вн*, %	Еп, %	Лс, %	Вн, %	Еп, %	Лс, %	Вн, %	Еп, %	Лс, %
2013	9,4	98	100	11,2	96	97	12,8	90	92
2014	9,2	96	97	11,0	95	95	12,0	88	91
2015	8,5	93	94	8,9	88	90	9,0	87	89
2016	8,6	86	88	9,0	81	83	9,1	70	78
2017	8,4	61	74	8,7	60	70	8,8	55	65

*Примітка: Вн – вологість насіння, Еп – енергія проростання, Лс – лабораторна схожість

При зберіганні посівного матеріалу нуту сортів Розанна та Тріумф в умовах «*ex-situ*» з вологістю насіння в межах від 9,4 до 11,2 % та початковою лабораторною схожістю на рівні 97–100 % господарська довговічність зберігалася упродовж чотирьох років. При зберіганні посівного матеріалу з нижчою початковою лабораторною схожістю – 92 % та вищою вихідною

вологістю насіння – 12,8 % у сорту Пегас, господарська довговічність зберігалася лише упродовж трьох років, після чого, на четвертий рік зберігання, відмічалось інтенсивне зниження її до значення 78 % і на п'ятий рік – до 65 %. На п'ятий рік зберігання досліджувані сорти нуту Розанна та Тріумф теж втратили нормативну лабораторну схожість, яка становила 74 та 70 % відповідно.

Вологість зерна, починаючи з якої різко посилюються фізіолого-біохімічні та мікробіологічні процеси і змінюються умови зберігання, називається критичною. Отже, критичної вологості зерна відповідає такий рівень, вище якого в ньому з'являється вільна волога, різко посилюється інтенсивність дихання і виникає загроза пошкодження мікроорганізмами. Для більшості сільськогосподарських культур критична вологість відповідає рівноважній вологості зерна, яка встановлюється за 75 % відносної вологості повітря. Краще брати за основу вологість повітря 60 %, так як в атмосфері такого повітря зерно і насіння сухі, тобто не мають вільної вологи. Якщо вологість навколишнього середовища вище 65 %, можливі зволоження сухої зернової маси і погіршення її зберігання. У насінні олійних культур, порівняно з зерном злакових, значення критичної вологості менше, що пояснюється значним вмістом в них ліпідів - гідрофобних речовин, які не здатні зв'язувати вологу. За змістом вологи зерно (насіння) буває сухе, середньої сухості, вологе і сире. Критична вологість знаходиться в межах середньої сухості зерна (насіння). Зернова маса в сухому стані (вологість нижче критичної) стійка при зберіганні і вимагає меншого догляду, ніж у вологому і сиром, так як вологе (сире) зерно досить інтенсивно дихає і може псуватися при зберіганні внаслідок самозігрівання.

6. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАСІННЯ ОКРЕМИХ КУЛЬТУР ПРИ ВИРОЩУВАННІ ТА ЗБИРАННІ

Технології вирощування сільськогосподарських культур ґрунтуються на використанні потенціальних можливостей сорту у конкретній екологічній

зоні, оптимізації технологічних заходів (попередники, форми й дози добрив, інтегрований захист рослин, строки і норми висівання). Сорт реалізує свої можливості через насіння. Як продукт статевого процесу насіння є важливою генетичною системою, носієм спадкових господарсько-біологічних властивостей, а також морфолого-анатомічних ознак сорту, гібрида.

Розвиток рослин, формування насіння та його врожайних властивостей відбуваються за умов, створених спільною дією екологічних (біотичних) факторів і технологією вирощування (абіотичними чинниками). Вимоги до технології на насіннєвих посівах здебільшого збігаються з тими, які застосовують на товарних. Проте в ряді випадків агротехніка вирощування насіння має свої особливості. Технологія вирощування насіння передбачає комплекс спеціальних насінницьких заходів, спрямованих на прискорене розмноження сортового насіння, збереження його чистоти і формування високих посівних якостей та врожайних властивостей.

6.1 Стимуляція проростання насіння бобових культур

Всі фактори, природні і штучні, які впливають на насіння, що проростає, і проросток, що формується, викликають глибокі зміни у фізіолого-біохімічних процесах, які значною мірою передбачають здатність давати високий врожай. Тому період проростання за теоретичною і практичною перспективністю становить особливий інтерес для дослідників.

Результати проведених в 2006-2009 рр. досліджень свідчать, що передпосівна обробка насіння сої колоїдним розчином наночасток срібла, головна перевага яких – в знезараженні насіння, стимулюванні захисних механізмів та ростових процесів, виявилася найефективнішою. Польова схожість досліджуваних сортів сої в середньому за роки досліджень складала: 92,0 % у сорту Єлена, 91,5 % у сорту Артеміда та 94,7 % у сорту Київська 98.

Також досить непогано проявила себе передпосівна обробка насіння сої озонуванням, головна перевага якої – в прискоренні ростових процесів та антисептичній дії на насіння. В середньому за роки проведення досліджень з 50-ти висіяних насінин сорту сої Єлена при обробці озонуванням проростало 39,8 шт., сорту сої Артеміда – 39,6 шт. та сорту сої Київська 98 – 43,7 шт. В середньому з 50-ти висіяних насінин при обробці насіння Ризогуміном зійшло 30,4-35,4 шт. або 60,8-70,7 %; при обробці протруйником Максим XL 035 FS 35,6-39,6 шт. або 71,2-88,3 %. Слід відмітити значну дружність появи сходів і незначне відхилення показника схожості по повтореннях на даному варіанті досліджень – максимум на 3 шт.

Також слід відмітити сортову специфіку при польовій схожості насіння сої. Вища польова схожість незалежно від варіанту обробки насіння була у сорту сої Київська 98: від 68,4 % на варіанті з ризогуміном до 94,7 % на варіанті з колоїдним розчином наночасток срібла.

Порівнюючи величини урожайності насіння сортів сої ми відмітили сортову чутливість при створенні оптимальних умов живлення. Так, за роки досліджень, вищу урожайність (2,65-3,23 т/га) формував середньоранній сорт Київська 98 залежно від варіантів обробки насіння, середньостиглий Артеміда – 2,50-2,89 т/га і ранньостиглий Єлена – 2,28-2,59 т/га (табл. 29).

Позитивний вплив на формування врожайності культури відмічено на варіанті з обробкою насіння ризогуміном та озонуванням, перевищуючи контроль на 0,3 т/га у сорту Єлена, 0,39 т/га у сорту Артеміда та 0,58 т/га у сорту Київська 98. За рахунок озонування насіння до сівби урожайність ранньостиглого сорту Єлена підвищувалася на 0,19 т/га відносно контролю, середньораннього Київська 98 на 0,33 т/га і середньостиглого Артеміда – на 0,28 т/га відносно контролю.

Таблиця 29

Посівні властивості насіння та урожайність сої залежно від передпосівної обробки насіння, середнє за 2006-2009 рр.

(Каленська С. М., Новицька Н.В.)

Передпосівна обробка насіння	Посівні властивості, %				Урожайність, т/га
	ЕП*	ЛС	УБ	ПС	
Єлена					
Без обробки (контроль)	89	99	2	72,6	2,28
Озонування	98	99	0	79,6	2,47
Максим XL 035 FS	90	95	0	69,6	2,34
Ризогумін	92	96	2	80,0	2,59
Розчин Ag (10 ⁻⁹)	95	100	0	72,0	2,06
Артеміда					
Без обробки (контроль)	91	94	2	72,0	2,50
Озонування	96	98	0	82,0	2,78
Максим XL 035 FS	89	93	0	71,2	2,68
Ризогумін	90	95	1	81,4	2,89
Розчин Ag (10 ⁻⁹)	92	97	0	81,5	2,23
Київська 98					
Без обробки (контроль)	92	97	1	83,4	2,65
Озонування	97	100	0	87,3	2,98
Максим XL 035 FS	94	97	0	74,0	2,82
Ризогумін	98	99	0	90,6	3,23
Розчин Ag (10 ⁻⁹)	96	100	0	84,7	2,47
<i>НІР_{0,05}</i>	3	2	-	0,2	0,17

Примітка: *ЕП – енергія проростання, ЛС – лабораторна схожість, УБ – ураження бактеріозом, ПС – польова схожість

Відмічено позитивний вплив наночасток срібла та озонування на знезараження насіння сої – прояву бактеріозу при цьому не виявлено. Фактично їх дію можна порівняти з дією протруйника Максим XL 035 FS, хоча посівні властивості насіння сої за протруєння були нижчі. Озонування насіння сої та інокуляція ризогуміном викликає прискорення ростових процесів, наростання вегетативної маси, збільшення площі листової поверхні й нагромадження сухої речовини, ріст індивідуальної продуктивності та врожайності культури в цілому. Вищу врожайність – 2,59–3,23 т/га сорти сої формували за інокуляції насіння ризогуміном та озонування.

Енергія проростання та лабораторна схожість насіння сої були вищими за обробки біологічними та фізичними чинниками, і значно знижувалися при обробці протруйником Максим XL 035 FS. Слід відмітити значну силу росту насіння при обробці електричним полем. При цьому енергія проростання насіння досліджуваних сортів сої була майже на рівні лабораторної схожості, і складала в середньому 96-98 %. Посівні якості насіння сої сорту Київська 98 були вищими ніж у сорту Єлена та Артеміда. Лабораторна схожість при обробці насіння іонами срібла та електричним полем досягала 100 %.

Для підвищення стійкості до абіотичних і біотичних факторів середовища застосовуються техногенні засоби – нанодисперсні порошки і колоїдні розчини біологічно активних металів, отриманих за допомогою нанотехнологій, які є антистресовими препаратами і виявляючи посилену властивість підвищувати стійкість рослинних клітин до різноманітних несприятливих факторів, позбавлений в той же час небажаної для антистресових препаратів здатності активізувати транспірацію, підвищувати морозостійкість озимої пшениці в культурі тканин, оптимізувати мінеральне живлення, збільшити доступність поживних елементів з ґрунту, зменшити ураження рослин хворобами. Застосування препаратів викликає адаптивні зміни в експресії геному клітин насіння на ранніх стадіях їх проростання, які потім передаються епігенетичним шляхом при діленні клітин всім клітинам рослини (Арсентьева та ін., 2007; Лопатько та ін., 2011; Ситар та ін., 2010).

Проведені дослідження свідчать про безумовно позитивний вплив розчинів наночасток металів на схожість насіння сої. Так, досліджуючи посівні якості насіння сортів сої за різних варіантів обробки (табл. 30) нами встановлено, що енергія проростання та лабораторна схожість насіння сої на варіантах обробки колоїдними розчинами нанорозмірних монометалів перевищували контрольні варіанти в середньому на 2-6 %.

Посівні властивості насіння сої сорту Аннушка за обробки насіння розчинами нанорозмірних монометалів (середнє за 2008-2012 рр.)
(Каленська С. М., Новицька Н.В.)

Обробка насіння	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Польова схожість, %
Контроль сухий	91 ± 4	93 ± 2	76 ± 2
Контроль вологий	92 ± 3	93 ± 2	77 ± 2
Розчин Zn (10 ⁻⁹)	97 ± 2	100 ± 1	78 ± 6
Розчин Ag (10 ⁻⁹)	90 ± 3	93 ± 3	84 ± 7
Розчин Co (10 ⁻⁹)	94 ± 1	95 ± 1	80 ± 4
Розчин Fe (10 ⁻⁹)	90 ± 5	99 ± 1	80 ± 2
Розчин Mn (10 ⁻⁹)	93 ± 2	95 ± 2	93 ± 4
Розчин Cu (10 ⁻⁹)	91 ± 2	99 ± 2	84 ± 2
Розчин Mo (10 ⁻⁹)	92 ± 3	94 ± 2	81 ± 2

Суттєво вплинули на зростання лабораторної схожості насіння сої всіх досліджуваних сортів варіанти обробки розчинами нанорозмірних монометалів цинку, заліза. Дані варіанти досліду забезпечували лабораторну схожість насіння сої у сорту Аннушка на рівні 99-100 % при 93 % на контролі. Енергія проростання насіння на варіантах обробки розчинами нанорозмірних монометалів у сорту сої Аннушка варіювала в межах 90-97 %, лабораторна схожість в межах 93-100 %. Слід також відмітити значну силу росту насіння при обробці насіння неіонним колоїдним розчином нанорозмірного цинку. При цьому енергія проростання насіння досліджуваних сортів сої була майже на рівні лабораторної схожості, і складала в середньому 96-97 %.

При визначенні впливу обробки насіння сої неіонними колоїдними розчинами нанорозмірних монометалів на польову схожість насіння сої варто відмітити, що в польових умовах найкраще проявили себе розчини наночасток срібла та марганцю. Так, в дрібноділянковому досліді польова

схожість насіння сої, обробленого до сівби розчином нанорозмірного срібла, у сорту Аннушка варіювала в межах 84 ± 7 .

При обробці насіння колоїдним розчином нанорозмірного марганцю польова схожість насіння сорту сої Аннушка зростала до 93 ± 4 %. В польових умовах схожість насіння сої контрольних варіантів, оброблених до сівби лише дистильованою водою, складала у сорту Аннушка складала 76 ± 2 з 50-ти висіяних насінин.

Варто відзначити, що обробка насіння сої неіонними колоїдними розчинами нанорозмірних монометалів срібла та марганцю в основному проявляється як антисептична дія і краще проявляється в польових умовах, підвищуючи польову схожість насіння. В лабораторних умовах, де створюються оптимальні умови для росту насіння і нівелюється вплив ґрунтово-кліматичних факторів, кращими для проростання насіння сої виявилися варіанти обробки наночастками заліза і цинку.

Одним зі шляхів досягнення цього може бути розробка інноваційних технологій вирощування рослин у посівах. Важливу роль у цьому відведено новим препаратам: мікроелементним, бактеріальним добривам, рістстимулювальним комплексам тощо (Власюк та ін., 1983; Коць & Петерсон, 2009). Здатність насінини проростати в середовищі високою концентрацією має велике практичне значення. Знаючи здатність насінини проростати за певної концентрації ґрунтового розчину, можна вирішити питання точної норми висіву насіння тієї чи іншої культури

Переважаючи на українському ринку мікродобрива – препарати на основі мінеральних солей та хелатів із використанням як ліганду ЕДТА або ОЕДФ. При їх застосуванні на 1 га ріллі витрачається до 227 г мікроелементів. Мікродобрива зарубіжного виробництва (Бельгія, Велика Британія, Нідерланди, Польща, Угорщина, Франція, та ін.) потребують значних валютних витрат. Ціни на них і сировину для їхнього виробництва щорічно зростають.

В Україні розроблена і зареєстрована лінійка нових комплексних мікродобрив Аватар (Аватар–1, Аватар-2, Аватар-Органік та ін.), яке містить одержаний із колоїдних розчинів металів комплекс цитрато-хелатів таких важливих мікроелементів, як цинк, магній, мідь, манган, залізо, кобальт, молібден (ТУ У 24.1-37033728-001:2010). Комплексні мікродобрива містять мікроелементи, хелатовані природними органічними кислотами – карбоксилатами, необхідними для росту та розвитку рослин (Капітанська & Давидова, 2008; Копілевич та ін., 2009).

Використання органічних кислот як лігандів поліпшує доступність мікроелементів для рослин, оскільки ці кислоти є природними метаболітами рослинних клітин (Безрукова та ін., 2008). При застосуванні карбоксилатів мікроелементів посилюється виділення кореневою системою органічних кислот, які розчиняють і роблять доступними для рослин важкорозчинні мінеральні ґрунтові сполуки. Таким чином, підвищується коефіцієнт засвоєння рослинами азотних і фосфорних мінеральних добрив, що сприяє поліпшенню живлення рослин та активації в кореневій зоні процесів біологічної азотфіксації. Крім того, цей препарат посилює більш ніж 30 % ацидофікуючу активність кореневої системи, тобто інтенсивність поглинання нею поживних речовин (Булыгин та ін., 2007; Ібатуллін та ін., 2004; Каленська та ін., 2012; Соколовська-Сергієнко та ін., 2015).

Національним університетом біоресурсів і природокористування України спільно з ТОВ «Науково-виробнича компанія «Йодис» і Міжнародним промисловим концерном «Ярк–Київ» у 2011 році розроблено ТУ України «Сировина для йодування води та кормів «Йодис+», які затверджені та погоджені Державним комітетом ветеринарної медицини та ДНДКІ ветеринарних препаратів і кормових добавок (Мельниченко та ін., 2004).

Уведення йоду є необхідною ознакою повноцінності будь-якого продукту харчування, і, звичайно, води. У зв'язку з цим, ми вважаємо, що йодування як за природного вирощування продуктів (рослинництво,

тваринництво, птахівництво та інші галузі сільського господарства), так і на різних стадіях їх технологічної переробки в харчовій промисловості має стати невід’ємною, регламентованою і узаконеною частиною цих процесів (Максін та ін., 2010, 2014). Одними із перспективних імуномодельючих препаратів є Йодис–концентрат та Йодис–концентрат + Se, що мають яскраво виражені антивірусні, протигрибкові та антибактеріальні властивості й на сьогодні широко використовуються у тваринництві, зокрема птахівництві, та рослинництві (Мельниченко та ін., 2004).

Кількість пророслих насінин, енергія їх проростання та лабораторна схожість є основними інтегральними показниками процесів росту та розвитку при перетворенні зародка в насінині у проростка. Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що вищі показники енергії проростання насіння та лабораторної схожості насіння злакових культур забезпечило застосування для передпосівної обробки імуностимуляторів Йодис–концентрат та Йодис–концентрат + Se безвідносно їх концентрації (табл. 31).

Оболонка насінини (напівпроникна мембрана) здатна пропускати воду за рахунок різниці концентрації розчинів клітин та зовнішнього середовища. Чиста вода проходить вільно через мембрану, а вода розчину з певним зусиллям. Наскільки велика вбирна сила клітин, настільки здатна насінинна вбирати воду з оточуючого середовища для набухання і проростання. В польових умовах набухання насінини проходить повільніше, ніж у лабораторних, тому що в ґрунтовому розчині є солі й чим їх більше, тим повільніше відбувається цей процес. Так на засолених ґрунтах набухання і проростання буде затягуватись (Власюк та ін., 1983).

Таблиця 31

Посівні властивості насіння зернових злакових культур залежно від концентрації нанохелатних добрив, середнє за 2016-2018 рр. (Каленська С. М., Новицька Н.В., Карпенко Л.Д.)

Передпосівна обробка насіння, фактор В	Енергія проростання, %			Лабораторна схожість, %		
	Концентрація робочого розчину (фактор С), %					
	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003
Культури, фактор А						
Тритикале озиме, сорт Амур						
Контроль (вода)	82			90		
Йодис-концентрат	95	93	91	98	96	94
Йодис-конц.+ Se	96	95	93	99	99	96
Аватар-1	93	92	90	98	95	93
Пшениця м'яка озима, сорт Колос Миронівщини						
Контроль (вода)	91			95		
Йодис-концентрат	97	95	92	99	98	97
Йодис-конц.+ Se	98	96	94	100	99	96
Аватар-1	95	94	91	99	98	95
Пшениця тверда яра, сорт Ізольда						
Контроль (вода)	80			81		
Йодис-концентрат	79	78	69	82	80	71
Йодис-конц.+ Se	80	80	76	83	81	79
Аватар-1	78	77	68	81	79	74
Ячмінь ярий, сорт Сонцедар						
Контроль (вода)	90			94		
Йодис-концентрат	89	91	92	93	95	97
Йодис-конц.+ Se	92	93	95	96	97	99
Аватар-1	81	89	90	85	92	94
НІР 0,05	2	2	3	4	4	1

Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що насіння різних форм розвитку по різному реагують на концентрацію робочого розчину. Так, озимі культури краще проростали за нижчої концентрації робочого розчину, ячмінь ярий ефективніше використовує воду розчинів підвищеної концентрації. Це пов'язане з пристосованістю ярих культур проростати в напівпосушливих і посушливих зонах. Так, підвищення концентрації робочого розчину досліджуваних препаратів з 0,001 % до 0,003

% знижувало енергію проростання насіння тритикале озимого сорту Амур на 3–4 %, пшениці озимої сорту Колос Миронівщини – на 4–5 %.

Лабораторна схожість насіння досліджуваних культур за підвищення концентрації робочого розчину знижувалася на 2–4 %. У ячменю ярого відмічено зворотню реакцію на збільшення концентрації досліджуваних препаратів. Енергія проростання насіння при цьому збільшувалася на 3 %, лабораторна схожість зростала від 3 % за обробки Йодис–концентрат до 9 % за використання Аватар–1.

В результаті проведених досліджень науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що застосування для передпосівної обробки насіння імуностимуляторів Йодис–концентрат та Йодис–концентрат + Se ефективно впливає на посівні якості насіння зернових злакових культур. Енергія проростання насіння збільшується в середньому на 8 %, лабораторна схожість – на 6 %. Мікродоброво карбоксилатів природних кислот Аватар–1 позитивно впливає на проростання насіння озимих зернових злакових культур, енергія проростання збільшується в середньому на 7 %, лабораторна схожість – на 5 %. Вища концентрація водного розчину приводить до пригнічення проростання насіння озимих зернових культур, тоді як ячмінь ярий ефективніше використовує воду розчинів підвищеної концентрації. Тверда пшениця за рахунок вищого вмісту білка в зерні проростає повільніше м'якої і потребує для проростання нижчої концентрації розчину, ніж м'яка.

Здатність насінини проростати в середовищі високою концентрацією має велике практичне значення. Від цього залежить поява сходів на різних за сольовим і водним режимами ґрунтах. Знаючи здатність насінини проростати за певної концентрації ґрунтового розчину, можна вирішити питання точної норми висіву насіння тієї чи іншої культури.

В результаті проведених досліджень кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що застосування однокомпонентних розчинів наночасток біогенних металів різної концентрації по різному впливали на

посівні якості насіння бобових культур (табл. 32). Зокрема, концентрація 0,001 та 0,002 % робочого розчину стримувала ростові процеси в насінні сої та нуту, за виключенням розчину Мо (10^{-9}), стимулююча дія якого на енергію проростання та лабораторну схожість насіння проявлялася одразу.

Передпосівна обробка насіння бобових культур однокомпонентним розчином наночасток металів в концентрації 0,003 % для більшості варіантів досліду виявила позитивний ефект. Разом з тим, передпосівна обробка розчинами наночасток металів заліза та марганцю за збільшення концентрації до 0,003 % приводила до пригнічування проростання.

Маточний колоїдний розчин комплексу (Fe, Mn, Mo, Co, Cu, Zn, Ag) наночастинок металів потрібної (3 мл/л) концентрації сприяє поліпшенню посівних якостей насіння сортів нуту. Для сорту Розанна застосування CuII, Mo, Zn сприяє найвищим показникам посівних якостей, для сорту Тріумф – CuII, Mo, Ag за даної концентрації. Застосування одинарної та подвійної концентрації наночастинок металів призвело до погіршення посівних якостей насіння порівняно з контрольним варіантом.

Підвищенню посівних якостей насіння нуту і сої сприяє застосування наночасток одновалентних міді, молібдену і срібла в концентрації розчину 0,003 % (3 мл/л). Підвищення концентрації робочого розчину наночастинок біогенних металів заліза і марганцю з 0,001 % до 0,003 % знижувало енергію проростання насіння сої сорту Аннушка до 3-7 %, лабораторну схожість насіння досліджуваних бобових культур до 20-30 %. Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено позитивний вплив на посівні якості насіння зернобобових культур (сої, квасолі, сочевиці) передпосівної обробки мікродобривом карбоксилатів природних кислот Аватар-1, імуномодуляторами (стимулятором ростових процесів) Йодис концентрат та Йодис концентрат + Se та колоїдними розчинами наночасток металів (10^{-9}).

**Посівні властивості насіння бобових культур залежно від концентрації
нанохелатних добрив, середнє за 2010-2013 рр. (Каленська С. М.,
Новицька Н.В., Карпенко Л.Д.)**

Передпосівна обробка насіння, <i>фактор В</i> Культиви, <i>фактор А</i>	Енергія проростання, %			Лабораторна схожість, %		
	Концентрація робочого розчину (<i>фактор С</i>), %					
	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003
<i>Нут, сорт Розанна</i>						
Контроль сухий	72	—	—	84	—	—
Контроль вологий	81	—	—	93	—	—
Розчин Cu I (10 ⁻⁹)	57	68	81	75	91	100
Розчин Cu II (10 ⁻⁹)	64	75	89	66	81	98
Розчин Мо (10 ⁻⁹)	68	60	83	75	77	100
Розчин Fe (10 ⁻⁹)	48	27	26	64	60	29
Розчин Zn (10 ⁻⁹)	49	61	85	64	76	97
Розчин Ag (10 ⁻⁹)	41	52	73	70	80	100
Розчин Mn (10 ⁻⁹)	31	18	16	51	28	24
<i>Нут, сорт Тріумф</i>						
Контроль сухий	71	—	—	80	—	—
Контроль вологий	80	—	—	92	—	—
Розчин Cu I (10 ⁻⁹)	32	47	79	52	72	98
Розчин Cu II (10 ⁻⁹)	37	58	83	64	78	99
Розчин Мо (10 ⁻⁹)	68	61	87	82	84	100
Розчин Fe (10 ⁻⁹)	46	23	22	53	56	23
Розчин Zn (10 ⁻⁹)	21	35	72	46	58	95
Розчин Ag (10 ⁻⁹)	49	63	87	73	89	100
Розчин Mn (10 ⁻⁹)	40	19	14	44	26	23
<i>Соя, сорт Аннушка</i>						
Контроль сухий	81	—	—	93	—	—
Контроль вологий	87	—	—	100	—	—
Розчин Cu I (10 ⁻⁹)	44	54	96	100	100	100
Розчин Cu II (10 ⁻⁹)	16	10	11	70	71	100
Розчин Мо (10 ⁻⁹)	88	89	81	99	100	100
Розчин Fe (10 ⁻⁹)	39	4	3	64	45	31
Розчин Zn (10 ⁻⁹)	10	66	89	12	71	92
Розчин Ag (10 ⁻⁹)	63	67	87	100	100	94
Розчин Mn (10 ⁻⁹)	59	6	7	100	33	25
<i>НІР</i> 0,05	4	5	3	4	6	2

Суттєво, на 4–8 %, підвищує лабораторну схожість насіння застосування імуностимулятора Йодис концентрат + Se. Підвищенню посівних якостей насіння сприяє застосування наночасток молібдену та марганцю, при цьому лабораторна схожість насіння сої підвищується на 5 %, квасолі – на 7 %, сочевиці – на 12 %. Передпосівна обробка насіння бобових культур розчинами наночасток металів церію, германію, селену та міді приводить до пригнічення проростання.

Таблиця 33

**Посівні властивості насіння зернобобових культур залежно від
нанохелатних добрив та нанорозмірних монометалів (середнє за 2016-
2018 рр.) (Каленська С. М., Новицька Н.В., Карпенко Л.Д.)**

Передпосівна обробка насіння, <i>фактор В</i>	Культури, <i>фактор А</i>					
	Соя, сорт Султана		Квасоля, сорт Мавка		Сочевиця, сорт Лінза	
	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %
Контроль (вода)	80	84	81	93	85	86
Розчин Mn (10^{-9})	86	89	92	100	92	97
Розчин Ge (10^{-9})	86	87	85	88	92	93
Розчин Se (10^{-9})	82	85	82	86	90	91
Розчин Fe (10^{-9})	85	87	92	94	93	93
Розчин Ce (10^{-9})	82	84	80	86	85	86
Розчин Mo (10^{-9})	88	89	97	100	97	98
Розчин Zn (10^{-9})	86	88	95	96	96	98
Розчин Cu (10^{-9})	81	83	79	88	85	88
Розчин Cr (10^{-9})	86	88	81	92	93	98
Йодис концентрат	82	85	90	94	91	91
Йодис конц.+ Se	88	88	94	100	94	94
Аватар-1	85	87	92	95	90	92
<i>НІР</i> $0,05$	2	2	2	4	3	5

Кількість пророслих насінин, енергія їх проростання та лабораторна схожість є основними інтегральними показниками процесів росту та розвитку при перетворенні зародка в насінині у проросток. Результати

проведених нами досліджень засвідчили, що застосування для передпосівної обробки насіння зернобобових культур імуностимуляторів Йодис концентрат та Йодис концентрат + Se забезпечило вищі показники енергії проростання насіння та лабораторної схожості (табл. 33).

Енергія проростання насіння сої за обробки Йодис концентратом перевищувала контрольний варіант досліджень на 2 %, квасолі – на 9 %, сочевиці – на 6 %. Лабораторна схожість насіння підвищувалася в межах 1–5 %. Обробка насіння до сівби імуностимулятором Йодис концентрат + Se підвищувала енергію проростання на 8–13 % відносно контролю, лабораторну схожість – на 4–8 %.

Застосування для допосівної обробки насіння зернобобових культур мікродобрива Аватар–1 теж зумовило значний стимулюючий вплив на енергію проростання. Вже на 5 добу підрахунку енергія проростання насіння сої досягала 85 при 80 % на контролі; квасолі – 92 при 81 %; сочевиці – 90 при 85 % на контролі. Лабораторна схожість насіння підвищувалася до 87 % у сої, до 95 % у квасолі та до 92 % у сочевиці.

Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що застосування однокомпонентних розчинів наночасток біогенних металів по різному впливали на посівні якості насіння бобових культур. Застосування для обробки насіння неіонних колоїдних розчинів металів на насінні сої показало різний ефект. Енергія проростання у сорту Султана підвищувалась до 82–88 %, при енергії проростання на контрольному варіанті 80 %. Енергія проростання насіння квасолі сорту Мавка за обробки розчинами наночасток металів зростала до 82–97 % при 81 % на контролі. У сорту сочевиці Лінза застосування для обробки насіння неіонних колоїдних розчинів металів підвищувало енергію проростання до 85–97 % при 85 % на контролі.

Найвищу енергію проростання насіння бобових культур було отримано за обробки насіння неіонним колоїдним розчином Mo (10^{-9}) – 88 % у сої, 97 % у квасолі та сочевиці. Застосування розчинів Zn (10^{-9}) та Mn (10^{-9}) теж істотно вплинуло на проростання насіння і на 5 добу підрахунку в сої проросло 86 %

насіння, у квасолі та сочевиці 92–93 % насіння . При застосуванні розчинів Cu (10^{-9}) та Se (10^{-9}) позитивного ефекту на енергію проростання не було відмічено, а в окремих випадках енергія проростання насіння навіть знижувалася відносно контролю.

Визначення лабораторної схожості зернобобових культур за застосування наночасток металів показало, що вона дещо підвищилася в порівнянні до енергії проростання насіння . Показники лабораторної схожості насіння варіювали від 83 % (Cu (10^{-9}) до 89 % (Mn (10^{-9}) та Mo (10^{-9}) у сорту сої Султана; від 86 % (Se (10^{-9}) та Ce (10^{-9}) до 100 % (Mn (10^{-9}) та Mo (10^{-9}) у сорту квасолі Мавка; від 86 % (Ce (10^{-9}) до 98 % (Zn (10^{-9}) та Mo (10^{-9}) у сорту сочевиці Лінза.

Варто звернути увагу на те, що застосування розчинів молібдену та марганцю дозволило підвищити лабораторну схожість зернобобових культур на 5–12 % відносно контролю, тоді у варіантах із обробкою колоїдними неіонними розчинами церію, германію, селену та міді лабораторна схожість насіння була на рівні контролю або знижувалася на 1–7 %.

6.2 Активізація росту та розвитку насіння буряку цукрового

Плід буряків цукрових – коробочка або несправжній горішок. У багатонасінних буряків плоди зростаються, утворюючи супліддя – клубочки. Під час достигання плодів чашолистки не відпадають, а зростаються з оболонкою плоду, тому клубочок має округло-кутасту форму з горбкуватою поверхнею. Плід складається з перикарпію, насіння і кришечки плоду. Основними компонентами перикарпію є целюлоза і лігнін, він становить 70-80 % маси плоду. В паренхімній тканині перикарпію знаходяться інгібітори росту, які негативно впливають на схожість насіння . Круглясто-ниркоподібне насіння знаходиться в блюдцевидній порожнині плоду, що вкрите кришечкою. Насінина плоду оточена оплоднем. насіння становить 20-30 % маси плоду. Зародок зігнутий майже кільцем навколо перисперму (поживної речовини насінини) і складається з двох сім'ядолей, між якими

розміщується брунечка, підсім'ядольне коліно та зародковий корінець. Маса насіння коливається від 2 до 4 мг. насіння містить мало енергетичних матеріалів, має борошністий-крохмалистий перисперм (Лихочвор, 2004; 2010; Будовський та ін., 2008; Доронін, 2007).

Передумовою для проростання насіння є достатня кількість кисню, волога й оптимальна температура. Проростання насіння цукрових буряків відбувається за досить низьких температур – 2–8° С, проте оптимальною є 20–25 °С. Проростання йде швидше за добре прогрітого ґрунту, оптимального забезпечення вологою і повітрям в ґрунті (Доронін, 2012; Саблук та ін., 2017). Спочатку починає рости корінець, який використовує для цього ензими і поживні речовини з перисперму й ендосперму. Потім розтягується гіпокотиль і на поверхні ґрунту з'являються сім'ядолі, що зеленіють (фаза «вилочки»). У фазі проростання і появи сходів цукрові буряки дуже чутливі до несприятливих зовнішніх чинників. До відкриття “кришечки” плодів доступ вологи і кисню до паростка регулюється, так званою, базальною корою (Войтюк, 2005; Доронін & Карпук, 2012; Доронін & Карпук, 2012; Сінченко та ін., 2018).

Оскільки насіння буряків цукрових містить відносно мало поживних речовин, процес проростання до появи асимілюючих листків має протікати швидко. При уповільненні цих процесів поживні речовини можуть вичерпатися до появи сходів, що викликає зрідженість посівів внаслідок поганої польової схожості (Сінченко та ін., 2018). Паростки дуже чутливі до хвороб і шкідників посухи, перезволоження, високої концентрації солей у ґрунтовому розчині і до заморозків (Доронін & Карпук, 2012; Джурабаев & Саблук, 2016;

Визначення тривалості мікростадій макростадії 0 відповідно до уніфікованої шкали ВВСН є оригінальними дослідженнями автора дисертаційної роботи (табл. 34). Була встановлена швидкість процесів розвитку насіння на ранніх мікростадіях розвитку. Загальна тривалість проростання насіння за сприятливих умов склала 76 годин. Для встановлення

динаміки розвитку плодів буряків цукрових проводили обліки – знімалися заміри насінини та паростків в п'ять етапів.

Таблиця 34

Хронологія мікростадій макростадії 0 шкали BBCH росту та розвитку буряків цукрових (Новицька Н. В., 2019)

Мікростадія за шкалою BBCH	Опис процесів, які відбуваються за проходження мікростадії	Настання мікростадій, годин після сівби	Етап обліку/ зйомки
00	Сухі плоди (коробочки або горішки)	-	0/1
01	Набубнявіння – початок поглинання води насіння м	1,5-2,0	I/2
03	Кінець набубнявіння плодів: кришечка відкрита	20-24	II/3
05	Поява зародкового корінця	40-44	III/4
07	Вихід сім'ядолей	60-64	IV/5
09	Сходи, поява сім'ядолей на поверхні ґрунту	72-76	V/6

На першому етапі обліку – 01 мікростадія BBCH (через 1³⁰ години після сівби) відмічено збільшення маси плодів буряків в усіх варіантах, а за внесення мікродобрив, процеси обміну в насінні відбувалися інтенсивніше. Так, в контрольному варіанті (без нанодобрив) зміна ваги плодів в середньому становила 9,78 %; за комбінації внесення добривами Nano Chelate Fertilizer Super Micro Plus (NCF SMP) : Nano Chelate Fertilizer Zink, 20 % (NCF Zn) : Nano Chelate Fertilizer Phosphorus, 25 % (NCF P) у співвідношенні 7:11:13 (варіант 1) – 23,7; NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 9:8:8 (варіант 2) – 21,1; NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 8:12:7 (варіант 3) – 20,4 % (табл. 35).

**Маса плоду буряків цукрових, залежно від мікростадії проростання
(Новицька Н. В., 2019)**

Варіант співвідношення нано добрив	Мікростадія за шкалою ВВСН								
	00 ¹	01 ²		03 ³			05 ⁴		
	г	г	% до 00	г	% до 01	% до 00	г	% до 03	% до 00
Без добрив (контроль)	0,017	0,018	9,78	0,020	8,56	18,9	0,021	6,31	26,4
1	0,016	0,020	23,6	0,022	10,5	36,4	0,023	5,05	43,2
2	0,016	0,019	21,1	0,020	4,17	26,1	0,021	3,45	30,4
3	0,015	0,019	20,4	0,019	4,69	25,8	0,022	11,8	40,3
<i>НІР_{0,05}</i>	0,001	0,001	0,2	0,001	0,27	0,3	0,001	1,09	2,8

Примітки: 00¹ – сухі плоди; 01² – початок поглинання води, через 1³⁰ години після сівби; 03³ – кінець набубнявіння – кришечка відкрита, через 22 години після сівби; 05⁴ – поява зародкового корінця, через 44 години після сівби.

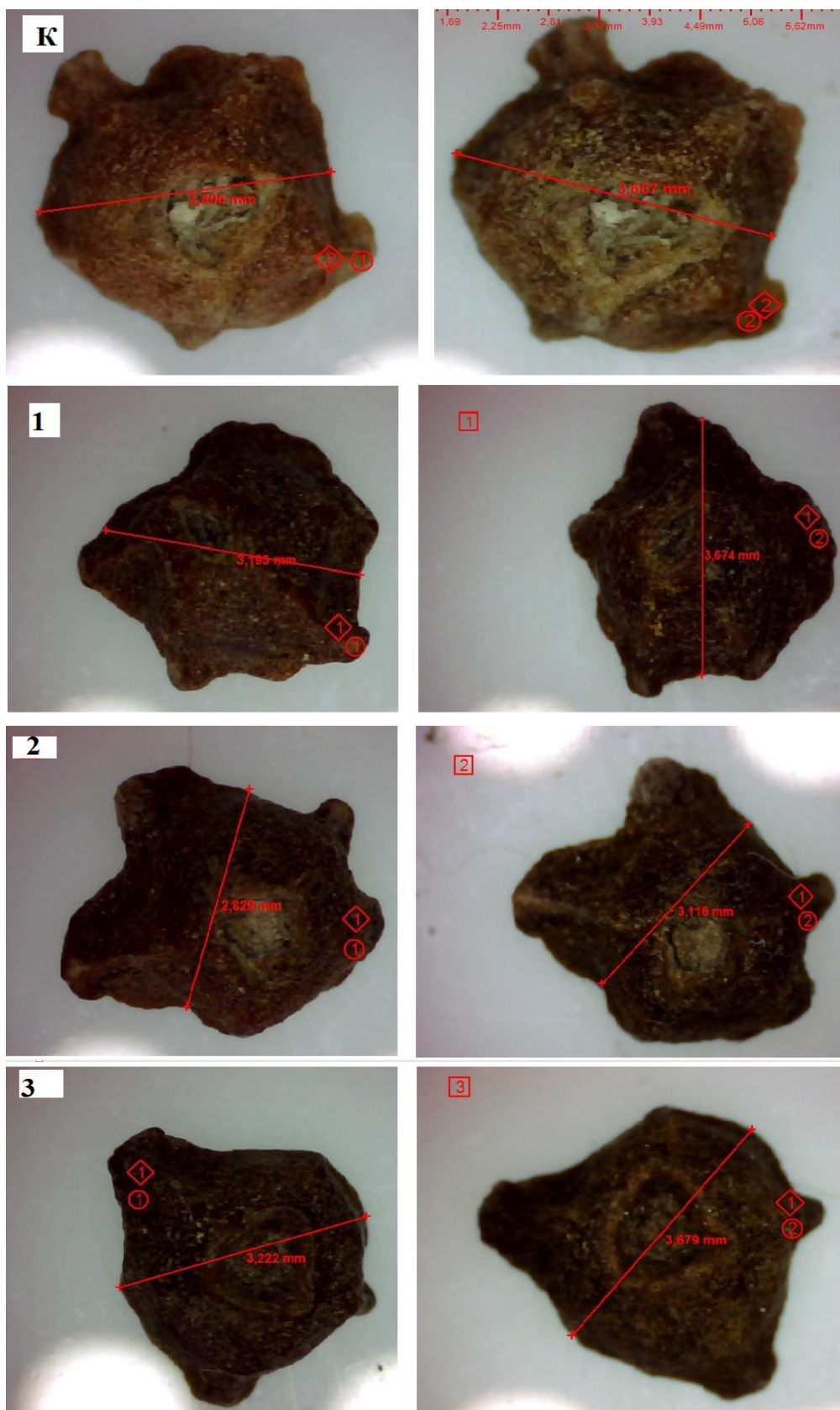
Діаметр плодів змінювався аналогічно змінам маси: в контрольному варіанті зміна діаметру плодів в середньому становила 4,95 %; NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13 (варіант 1) – 13,9 %; NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 9:8:8 (варіант 2) – 10,3; NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 8:12:7 (варіант 3) – 9,56 % (табл. 36, рис. 14).

Таблиця 36

**Діаметр плоду буряків цукрових, залежно від мікростадії
проростання (Новицька Н. В., 2019)**

Варіант співвідношення нано добрив	Мікростадія за шкалою ВВСН					
	00 ¹	01 ²		03 ³		
	мм	мм	% до 00	мм	% до 01	% до 00
Без добрив (контроль)	3,40	3,57	4,95	3,73	4,55	9,70
1	3,20	3,65	13,9	4,06	13,1	28,8
2	3,21	4,53	10,3	3,71	5,16	16,1
3	3,28	3,60	9,56	3,95	10,3	20,7
<i>НІР_{0,05}</i>	0,09	0,08		0,09		

Примітки: 00¹ – сухі плоди; 01² – початок поглинання води, через 1³⁰ години після сівби; 03³ – кінець набубнявіння – кришечка відкрита, через 22 години після сівби

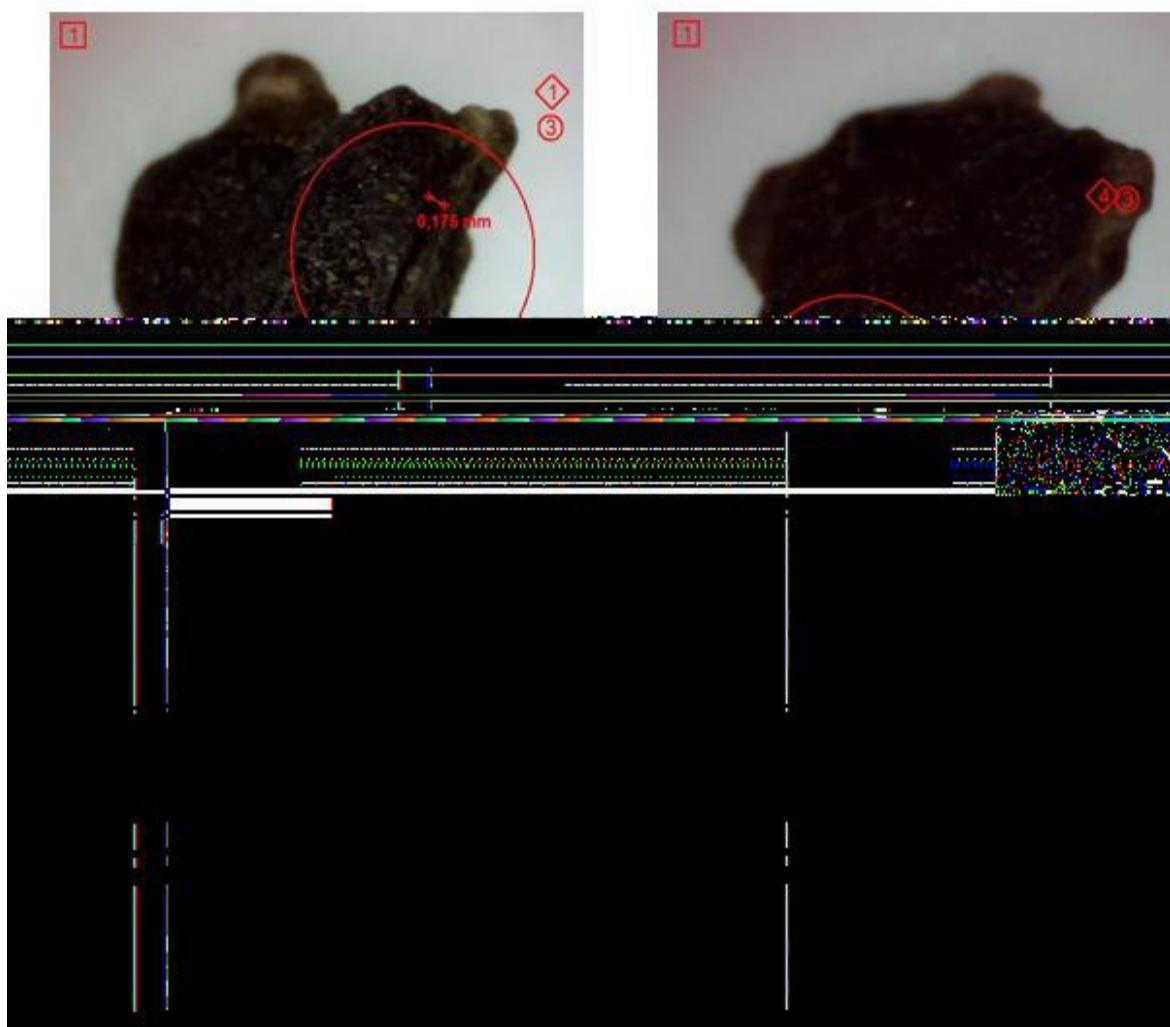


Примітка: К – контрольне (без нанодобрив) насіння, 1-3 – насіння оброблене комбінацією нанодобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 1) 7:11:13; 2) 9:8:8; 3) 8:12:7;
 □ – № варіанту, ◇ - повторення, ○ – етап зйомки: 1 – сухе насіння (00 ВВСН), 2 – початок набрякання (01 ВВСН);

Рис. 14 – Плоди буряків цукрових на першому етапі обліку

На рисунку 8 наведено діаметр плодів буряків цукрових на контрольному та дослідних варіантах на час сівби (00 BBCH) та першого підрахунку (01 BBCH).

На другому етапі обліку – 03 мікростадія BBCH (кінець набубнявіння плодів, кришечка відкрита), відкрити кришечку плодів варіанту 1 відмічено через 20 години після сівби, тоді як у плодів буряків цукрових в інших варіантах відкриття кришечки відмічено не раніше, ніж через 24 години після сівби, що свідчить про значне прискорення ростових процесів за внесення нанохелатних добрив в комбінації з вищим вмістом цинку і фосфору. Висота відкритої щілини плоду становила від 0,085 мм до 0,175 мм (рис. 15).



Примітка: □ – № варіанту, ◇ - повторення, ○ – етап зйомки: 3 – кінець набубнявіння плодів: кришечка відкрита (03 BBCH)

Рис. 15 – Відкрита кришечка у плодів буряків цукрових, оброблених комбінацією нанодобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13 (варіант 1) на другому етапі обліку

Середня маса плодів буряків цукрових на другому етапі обліку в контрольному варіанті збільшувалася на 8,56 % порівняно з масою на мікростадії 01 і на 18,9 % відносно ваги сухого насіння (мікростадія 00); у варіанті 1 композиції нанохелатних мікродобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13 – на 10,5 та 36,4 %; у варіанті 2 композиції нанохелатних мікродобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 9:8:8 – 4,17 та 26,1; у варіанті 3 композиції нанохелатних мікродобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 8:12:7 – на 4,69 та 25,8 % відповідно. Подібна залежність встановлена і за вимірювання діаметру плодів: збільшення розмірів горішків буряків в контрольному варіанті становило 4,55 % відносно розмірів на мікростадії 01 BBCH і на 9,70 % відносно сухого насіння ; у варіанті 1 – на 13,1 та 28,8 %; варіанті 2 – 5,16 та 16,1 %; варіанті 3 – на 10,3 та 20,7 % відповідно.

Третій етап обліку відповідав 05 мікростадії BBCH і заміри проводилися за появи зародкового корінця та поступовим зниженням інтенсивності зміни маси плодів. За внесення нанохелатних мікродобрих за схемою варіанта 1 маса плодів суттєво – 23,6 % збільшувалася на 01 мікростадії BBCH (І етап обліку): дещо менше – 10,5 % на 03 мікростадії BBCH (2 етап обліку) і лише до 5,05 % на 3 етапі обліку відносно маси на попередньому етапі обліку.

Подібна закономірність відмічена нами і за внесення добрив за схемою варіанту 2 композиції нанохелатних мікродобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 9:8:8. Маса плодів на 01 мікростадії BBCH збільшувалася на 21,1 %; на 4,17 % на 03 мікростадії BBCH; на 3,45 % на 05 мікростадії BBCH, відносно маси на попередньому етапі проведення обліків. Отримані дані свідчать також про суттєве прискорення процесів набубнявіння, наклюовування і перехід до проростання на даних варіантах досліду на відміну від контролю, де маса плодів на всіх етапі підрахунку змінювалася в меншій мірі – 9,78 % на 01 мікростадії BBCH; 8,56 % на 03 мікростадії BBCH та 6,31 % на 05 мікростадії BBCH.

Дещо по іншому відбувалися процес зміни маси плодів буряків цукрових за внесення добрив за схемою варіанту 3 композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 8:12:7: інтенсивне наростання маси на 01 мікростадії – 21,1 %; лише на 4,69 % на 03 мікростадії; та до 11,8 % на 05 мікростадії відносно попередньої маси.

В цілому приріст маси плодів до 05 мікростадії BBCH за внесення нанохелатних мікродобрив було досить суттєвим і становило: 43,2 % (1 варіант композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13); 30,4 % (2 варіант композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 9:8:8); 40,3 % (3 варіант композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 8:12:7) за 26,4 % в контрольному варіанті без нанохелатних мікродобрив.

За різних схем внесення добрив відмічалися зміни як в швидкості формування органів паростків так і їх лінійні розміри. Довжина зародкового корінця на 05 мікростадії за схеми внесення варіанту 1 композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13, через 40 годин після сівби, була від 0,540 мм до 2,671 мм. В усіх інших варіантах дослідів на 05 BBCH мікростадії поява зародкового корінця відмічена лише через 44 години після сівби (рис. 16-19).

Так, в контрольному варіанті з шести повторень корінець довжиною 1,591 мм відмічено лише в одного плоду; у варіанті 2 композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 9:8:8 – в двох плодів з довжиною 0,313 та 0,745 відповідно. У варіанті 3 композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 8:12:7 через 44 години після сівби ще закінчувалося набубнявіння плодів (03 BBCH) і в них лише була відкрита кришечка.

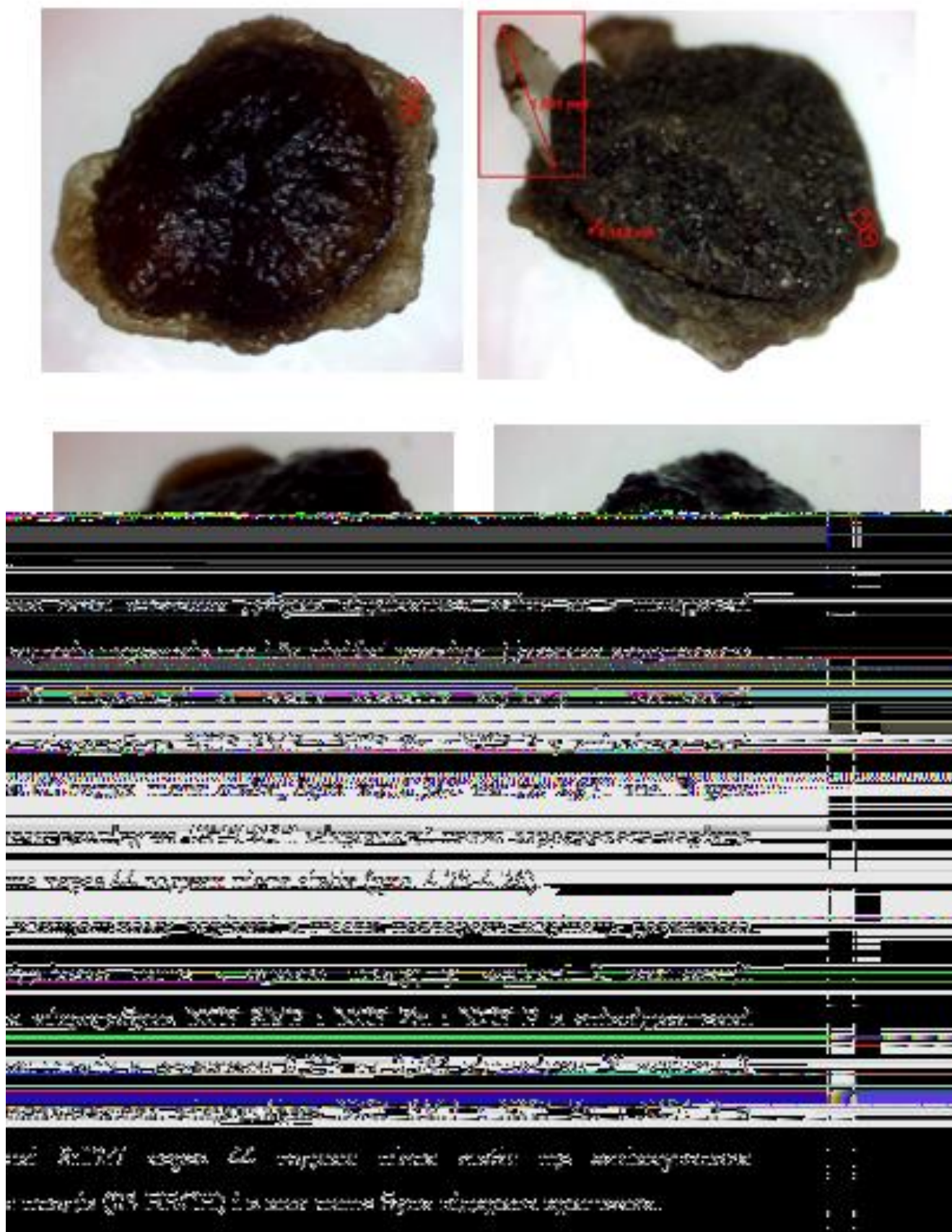


Рис. 16 – Плоди буряків цукрових контрольного варіанту (без нанодобри́в) на третьому етапі обліку

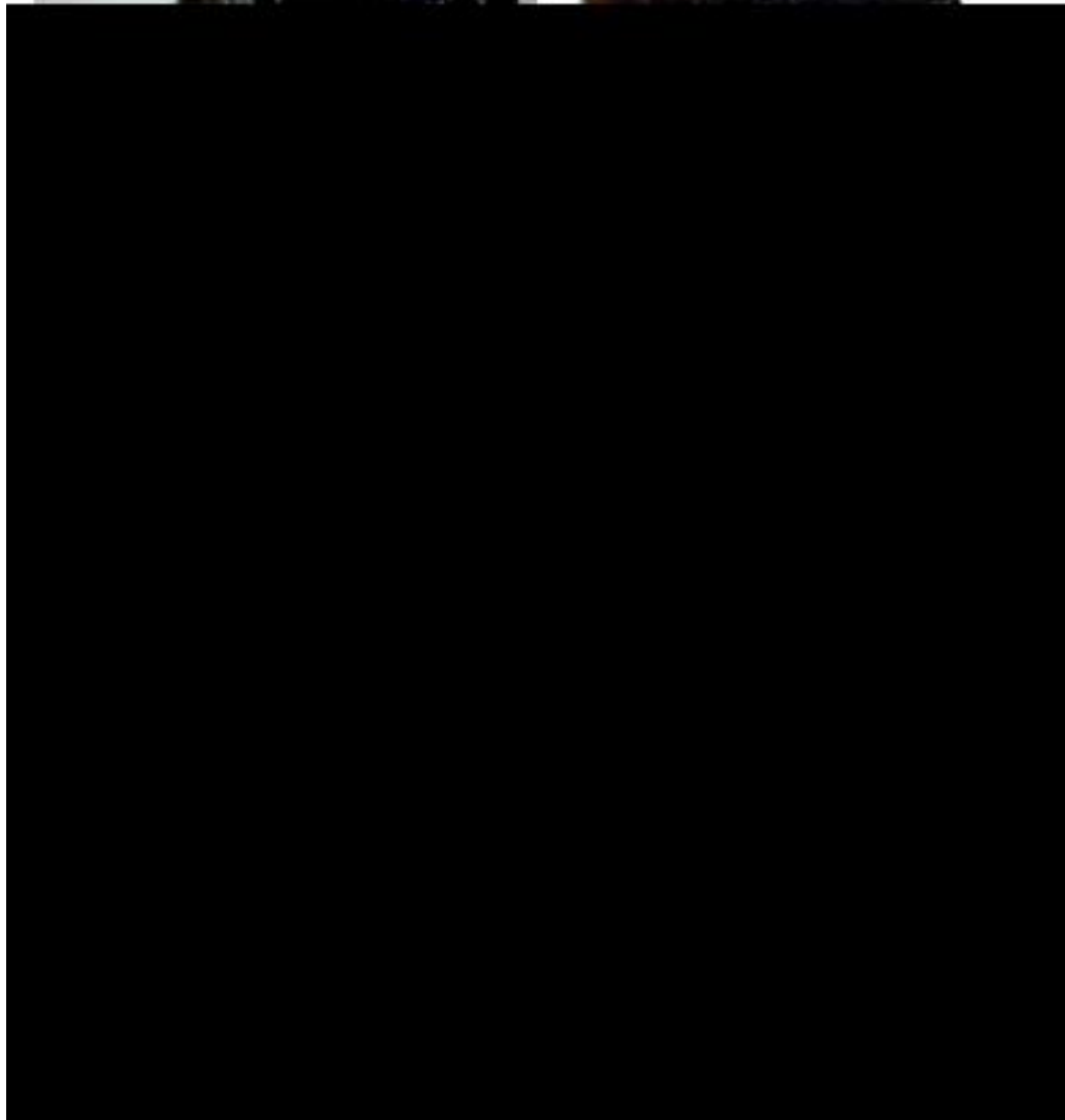
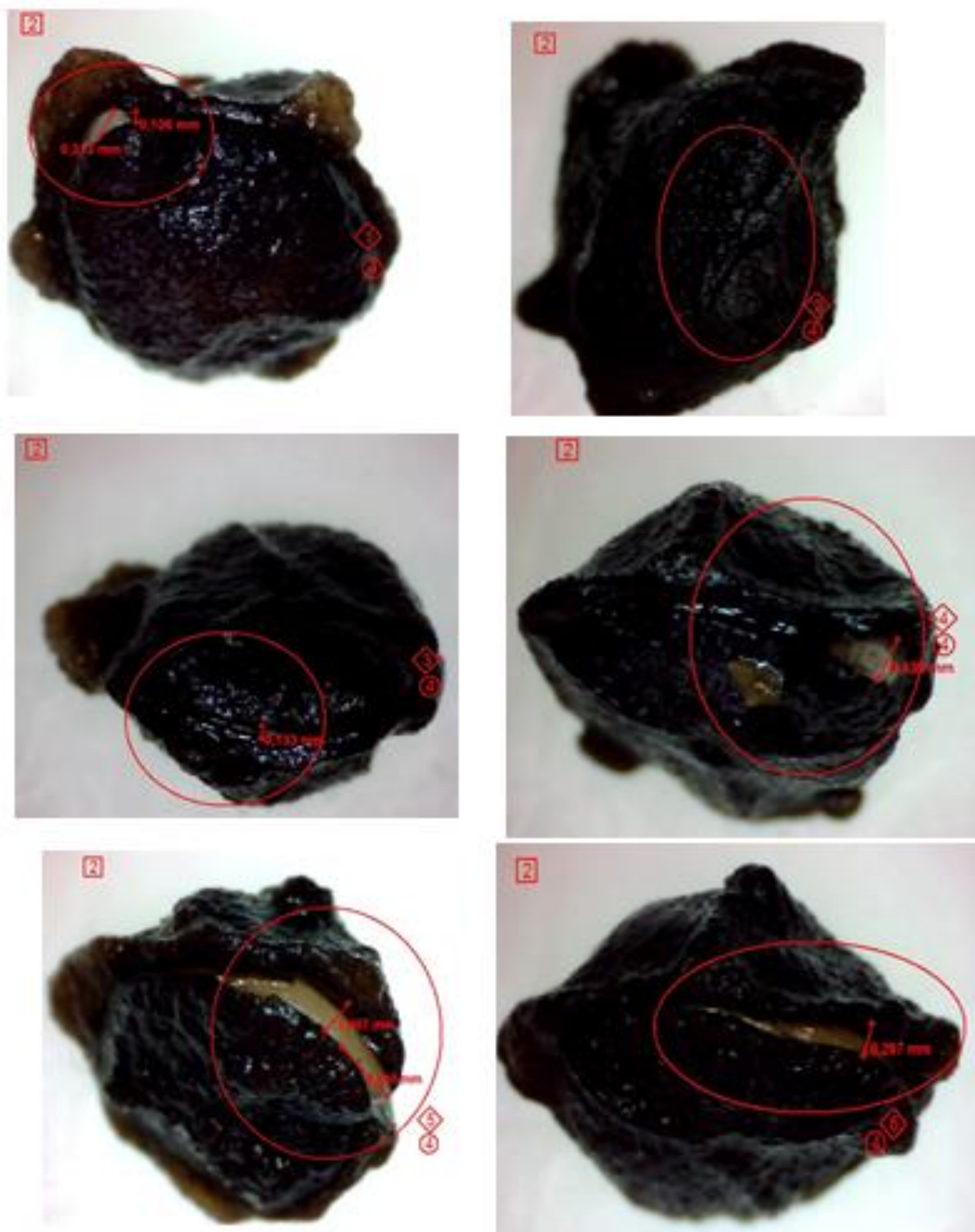
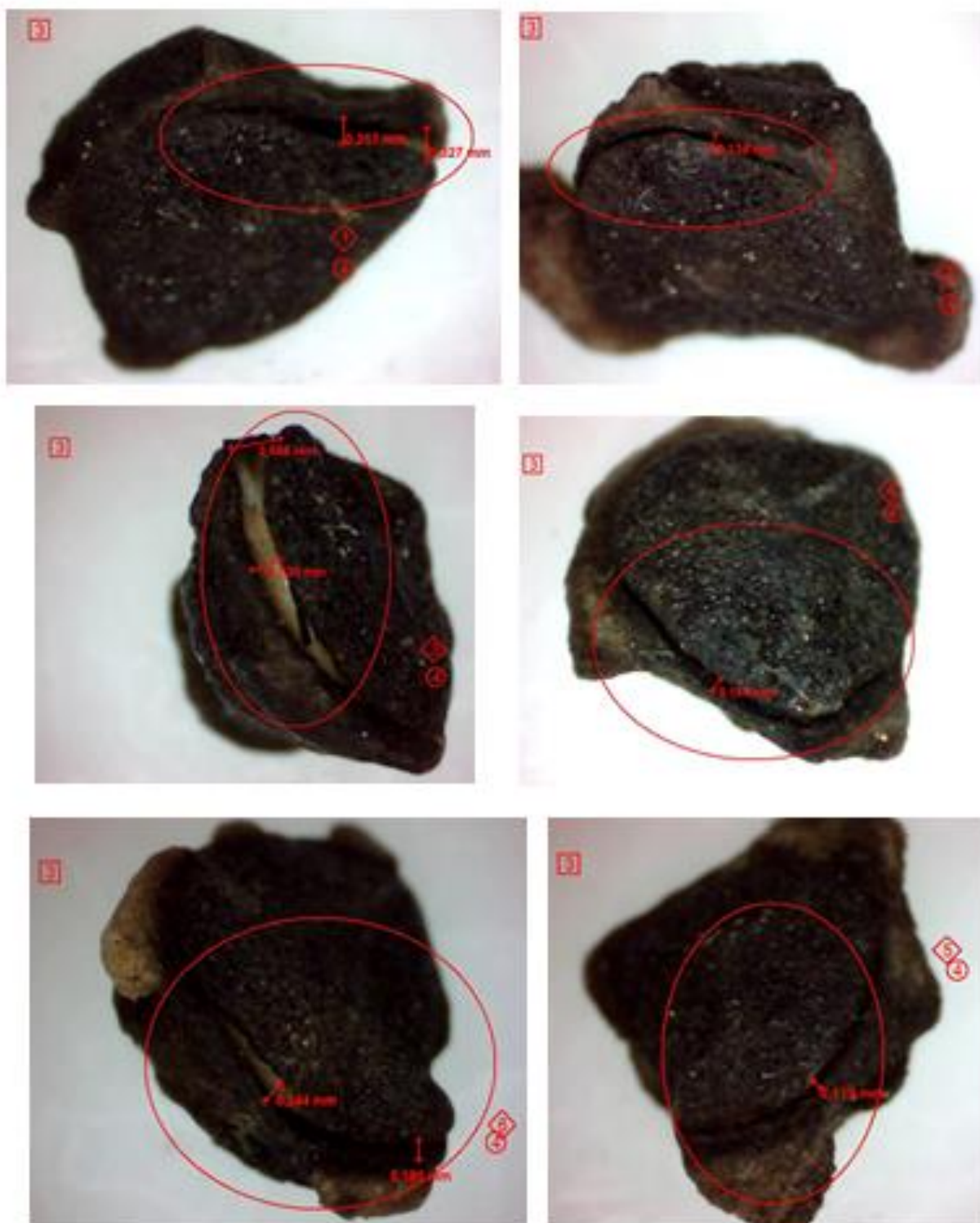


Рис. 17 – Корінець у плодів буряків цукрових, оброблених комбінацією нанодобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13 (варіант 1) на третьому етапі обліку



Примітка: □ – № варіанту, ○ – повторення, ○ – етап зйомки: 4 – поява зародкового корінця (05 ВВСН)

Рис. 18 – Плоди буряків цукрових оброблених комбінацією нанодобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 9:8:8 (варіант 2) на третьому етапі обліку

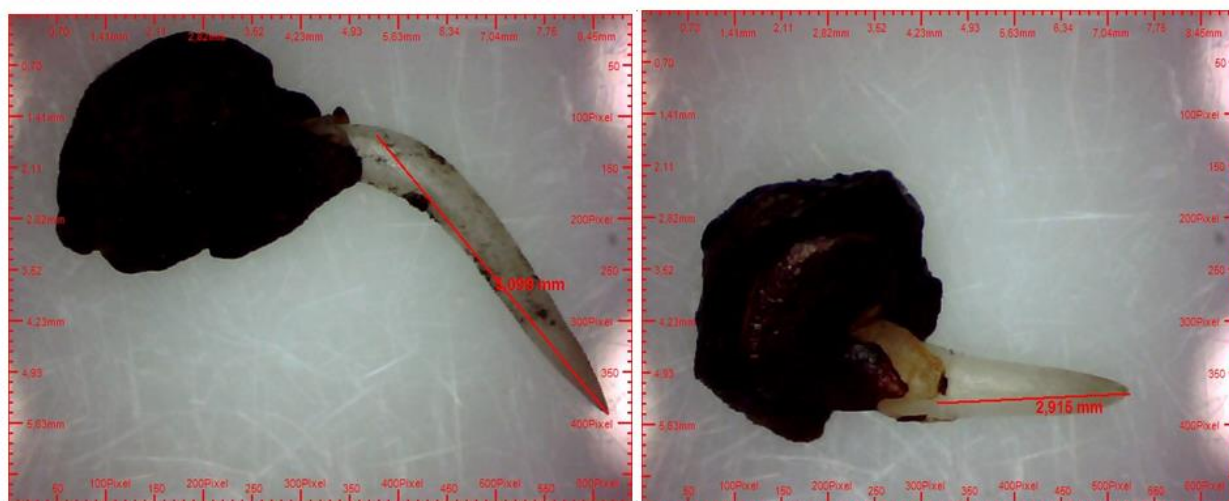


Примітка: □ – № варіанту, ○ – повторення, ◐ – етап зйомки: 4 – поява заплідненого
корінця (05 ВВСН)

**Рис. 19 – Плоди буряків цукрових оброблених комбінацією нанодобрив
NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 8:12:7 (варіант 3)
на третьому етапі обліку**

Четвертий етап обліку проводили на 07 мікростадії ВВСН. Через 60 годин після сівби відмічено повний вихід сім'ядолей з гнізда клубочка в варіантах досліду з внесенням нанохелатних мікродобрив (варіанти 1-3) та лише початок виходу сім'ядолей в контрольному варіанті. За рахунок інтенсивніших процесів набубнявіння та проростання на перших мікростадіях відбувається прискорення росту первинного корінця буряків цукрових і в подальшому.

Далі триває активний ріст зародкового корінця. Інтенсивніше ріст зародкового корінця відбувається за комбінації внесених елементів у варіанті 1 композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13 (рис. 20).



Примітка: зліва – 1 варіант, справа варіант контролю

Рис.20 – Плоди буряків цукрових на четвертому етапі обліку

На 07 мікростадії ВВСН середня довжина корінця в контрольному варіанті становила 1,5 см; у варіанті 1 композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13 – 3,3 см або перевищуючи контроль на 120 %; у варіанті 2 композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 9:8:8 – 2,8 см або на 87 %; у варіанті 3 композиції нанохелатних мікродобрив NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 8:12:7 – 2,5 см або на 67 %. Довжина гіпокотилі

при цьому досягала 0,7 см у контрольного варіанту, варіанті 1 – 1,5 см; варіанті 2 – 1,1 см; варіанті 3 – 0,9 см.

Повний вихід сім'ядолей з гнізда клубочка в контрольному варіанті відмічено через 66 годин після сівби. В варіантах з внесенням нанохелатних мікродобрих спостерігається видовження гіпокотилі від 1,2 см (варіант 3 композиції нанохелатних мікродобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P в співвідношенні 8:12:7) до 2,5 см (варіант 1 композиції нанохелатних мікродобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13). В цей час довжина кореня за внесення добрив сягає 4,0-4,5 см у варіантах 1 – 3 досліду та 2,0-2,5 см в контрольному варіанті.

Також на етапі виходу сім'ядолей нами встановлена і візуальна різниця щодо розвитку паростків в контрольному варіанті та в варіантах з внесенням нанохелатних мікродобрих. В варіанті 1 композиції нанохелатних мікродобрих NCF SMP : NCF Zn : NCF P у співвідношенні 7:11:13 відмічено дружній, синхронний розвиток плодів в усіх шести повтореннях і середня довжина кореня сягала вже 4-5 см.

На *п'ятому етапі обліку* (мікростадія 09 BBCH) встановлено, що за внесення нанохелатних мікродобрих (варіанти 1-3) сходи на поверхні ґрунту з'являлися через 70-72 години; в контрольному варіанті – через 76 годин.

Рівномірне забезпечення насіння цинком і особливо фосфором на фоні базового комплексного добрива з нанорозмірними елементами сприяло активації проростання насіння та інтенсивному формуванню синхронно розвинених паростків. За комбінації внесення Nano Chelate Fertilizer Super Micro Plus, Nano Chelate Fertilizer Zink та Nano Chelate Fertilizer Phosphorus у співвідношенні 7:11:13 у середньому на 4 години прискорюється відкриття кришечки плоду і поява кореня, на 6 годин раніше відбувається вихід сім'ядолей. Довжина зародкового корінця на 05 мікростадії BBCH за схеми внесення нанохелатних добрив варіанту 1, через 40 годин після сівби, була від 0,540 мм до 2,671 мм, в усіх інших варіантах досліду поява зародкового корінця відмічена на 4 години пізніше.

Внесення нанохелатних мікродобрив позитивно впливає на проростання плодів та розвиток проростка буряків цукрових шляхом стимуляції ростових процесів. За рахунок цього відбувається прискорення процесів гідролізу на початку набубнявіння, яке сприяє швидкому проходженню наступних етапів проростання насіння зокрема: в середньому на 4 години прискорюється відкриття кришечки плоду і поява кореня, на 6 годин раніше відбувається вихід сім'ядолей. Ріст кореня та видовження гіпокотилія на перших етапах проростання плодів буряка цукрового за внесення нанохелатних добрив прискорюється вдвічі, за рахунок чого сходять буряків цукрових з'являються на 4-6 годин раніше. Нанохелатні мікродобрива, сприяючи дружньому та синхронному проростанню, розвитку проростків буряків цукрових забезпечують синхронну появу сходів та формування заданої густоти посіву без подальшої редукції рослини.

6.3 Оптимізація строків збирання насіння ріпаку ярого

Збирання ріпаку – складний процес, який завжди супроводжується значними втратами врожаю. Основні проблеми збирання врожаю пов'язані з неодноразовістю визрівання насіння (внаслідок розтягнутого на 25-30 діб цвітіння), дрібнонасі́нності, здатністю стручків до розтріскування, а також недосконалістю збирального комплексу машин (Шпаар та ін., 1999; Мельник, 2007). Втрати насіння зростають, якщо неправильно визначити строки збирання. Точним показником початку збирання є фаза стиглості насіння, а саме «жовто-зелений стручок» або вологість насіння (табл. 28).

В дослідженнях впливу строків збирання: зелена (вологість насіння 60 %), технічна (вологість насіння 30 %) та повна (вологість насіння 9 %) стиглість на посівні властивості насіння ріпаку ярого сортів Марія, Оксамит, та Калинівський науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що енергія проростання насіння, зібраного у фазу зеленої стиглості варіювала в межах 93-98 %, лабораторна схожість була в межах 97-100 % безвідносно системи удобрення.

**Характеристика насіння ріпаку на різних стадіях дозрівання
рослин (Вишневський та ін., 2001)**

Фаза стиглості	Колір насіння	Вологість, %	Властивості зібраного насіння
1.Світло-зелений стручок	Зеленувате	70	Зібране вирізняється оранжевою оболонкою
2. Зелений стручок	Зелене до темно- зеленого	60	Висушене не набирає характерного забарвлення, залишається частково брунатне або червонувате
3. Напівтехнічне	Матово-зелене до жовтого	50	Кулясте, велике, виповнене, але залишається у м'якій оболонці, при розтиранні в долонях розпадається на половинки
4. Технічне: перед скошуванням у валки	Жовте з переходом до коричневого	35-25	У твердій оболонці, при розтиранні не розпадається на половинки
	Чорне з блакитним відтінком	До 15	Добре виповнене, не вимагає додаткового висушування
5. Повна стиглість	Чорне	9-8	У твердій оболонці

Посівні якості насіння ріпаку за збирання в інші фази стиглості знижувалися і не перевищували 96 % енергія проростання та 97 % лабораторна схожість за II строку збирання та 91 і 97 % за III строку відповідно. Крім того науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що варіант із внесенням $N_{30}P_{20}K_{35}$ є найбільш оптимальним для одержання насіння ярого ріпаку з високими посівними якостями, лабораторна схожість насіння при цьому варіювала в межах 95-97 %.

Пояснень високої схожості недозрілого насіння ріпаку може бути декілька: внаслідок гарної проникності насінної шкірки зелених насінин;

внаслідок незавершеності хімічних перетворень в насінні, які сприяють зберіганню насіння в стані спокою та інші. У деяких культур гарна проникність насінної шкірки спостерігається тільки в зеленому виді (наприклад, у буркуну білого), але в міру дозрівання вона стає водонепроникною і схожість насіння знижується. При дозріванні спостерігається надходження в насіння асимілянтів, перетворення їх рухливих форм у запасні речовини, створення умов, що забезпечують їх тимчасову метаболічну пасивність та відкладення неактивних форм у запас у відповідних частинах клітини. Відповідно, у зеленого насіння рухливі форми асимілянтів ще не перетворені у запасні і це може впливати на схожість.

В своїх дослідях ми також визначали значення показника сили росту (табл. 38). Він, як свідчать дані таблиці, був найвищий при збиранні в І строк, за зеленої стиглості при вологості насіння 60 %. Таким чином, якщо зробити спробу дати інтегровану оцінку строкам збирання урожаю за показниками посівних якостей насіння, то без великого ризику помилитись можна віддати перевагу роздільному збиранню ріпаку на насінниках під час вологості насіння 60 %. У цьому разі різниці за енергією проростання та лабораторною схожістю немає, але є помітна перевага за силою росту.

Поряд з посівними якостями насіння, умови та технологія вирощування рослин дуже впливають на його здатність забезпечувати певний урожай при висіванні в полі чи в штучних умовах. Ці властивості насіння, іншими словами, можна назвати урожайними, тобто урожай потомства, яке може відрізнятися за рядом фенотипових і господарсько цінних ознак. Отже, врожайні властивості насіння – це відображення сукупності його ознак, здатних відповідно впливати на формування посіву як фотосинтезуючої системи – його структуру, ріст, розвиток, що в кінцевому результаті визначає біологічну і господарську врожайність (Волощук, 2008; Матюшенко & Весна, 1990).

**Вплив строків збирання на посівні властивості насіння ріпаку
ярого, середнє за 2004-2006 рр. (Новицька Н. В., Гарбар Л.А.)**

Система удобрєння рослин	Сорт, <i>фактор А</i>								
	Марія			Оксамит			Калинівський		
	*Еп, %	Лс, %	Ср, %	Еп, %	Лс, %	Ср, %	Еп, %	Лс, %	Ср, %
І строк збирання – зелена стиглість (вологість насіння 60 %), <i>фактор В</i>									
Без добрив (контроль)	98	100	89	94	99	91	95	97	90
N ₃₀ P ₁₅ K ₃₀	98	99	87	94	99	85	96	97	92
N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	97	100	86	96	99	88	96	97	90
N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	97	99	86	94	98	84	95	97	86
N ₇₅ P ₆₀ K ₇₅	98	97	87	96	98	82	97	96	88
N ₉₀ P ₇₅ K ₉₀	98	97	82	95	98	88	93	99	87
N ₁₀₅ P ₉₀ K ₁₀₅	98	98	86	94	99	83	94	97	89
ІІ строк збирання – технічна стиглість (вологість насіння 30 %), <i>фактор В</i>									
Без добрив (контроль)	92	96	88	94	96	89	92	97	89
N ₃₀ P ₁₅ K ₃₀	93	95	86	92	95	83	93	96	91
N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	96	97	85	94	96	86	93	97	88
N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	92	94	84	93	95	83	92	96	84
N ₇₅ P ₆₀ K ₇₅	92	94	85	94	97	81	94	96	87
N ₉₀ P ₇₅ K ₉₀	92	94	80	93	97	86	93	96	86
N ₁₀₅ P ₉₀ K ₁₀₅	93	96	85	92	95	89	94	96	87
ІІІ строк збирання – повна стиглість (вологість насіння 9 %), <i>фактор В</i>									
Без добрив (контроль)	93	94	86	89	94	87	88	90	87
N ₃₀ P ₁₅ K ₃₀	91	95	94	90	94	91	89	91	88
N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	90	97	93	91	94	84	90	95	86
N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	81	94	72	89	94	70	87	92	82
N ₇₅ P ₆₀ K ₇₅	88	92	73	81	92	69	80	89	74
N ₉₀ P ₇₅ K ₉₀	77	84	68	78	91	74	69	84	73
N ₁₀₅ P ₉₀ K ₁₀₅	87	91	72	88	92	77	78	87	75
НІР _{0,05}	2	3	3	2	2	4	4	2	2

*Примітка: Еп – енергія проростання; Лс – лабораторна схожість; Ср – сила росту

На врожайні властивості насіння впливають умови вирощування, до яких можна віднести географічне розташування посівів, волого- і теплозабезпеченість регіону. З елементів технології суттєвий вплив мають строки сівби, норми висіву, забезпеченість елементами виявлення, система

захисту рослин, а також способи та строки збирання. Вплив останніх двох елементів певною мірою залежить від біології культури, а саме особливостей її визрівання. Строки цвітіння, наливання й дозрівання насіння, генеративний розвиток у багатьох сільськогосподарських культур бувають дуже розглянутими. У ахронних рослин – зернобобових, гречки, ріпаку, цвітіння може тривати до кінця осінньої вегетації, і на одній рослині можна знайти насіння різного ступеня стиглості. Таким чином, в насіннєвий матеріал таких культур потрапляє і недозріле насіння, спричиняє наявність високого рівня його матрикальної різноякісності (Білоножко, 2004; Абаєв, 2012).

Здатність зародків до проростання у багатьох культур формується рано, насіння зернових хлібів має високу схожість уже в молочній стиглості. Згідно численних дослідних даних, схожість насіння пшениці, жита, вівса, кукурудзи через 20-25 діб після цвітіння не відрізняється від схожості повністю дозрілого насіння (Пеньчуков та ін., 1993; Дубовик, 2015).

В наших дослідженнях за збирання ріпаку в різні фази стиглості було встановлено, що одним з найбільш важливих показників визрівання є показник маси 1000 насінин (табл. 39). Науковцями кафедри рослинництва НУБіП України встановлено, що вміст сухої речовини в насінні збільшується упродовж всього періоду дозрівання оскільки у ріпаку, як і у більшості культур, відбувається відтік пластичних речовин з вегетативних органів рослини у насінину при підсиханні. За умови раннього збирання насіння ріпаку (І строк, зелена стиглість), воно мало масу 1000 насінин на 1,2-1,26 г меншу, ніж при збиранні у повній стиглості (ІІІ строк), а за більш пізнього збирання, у фазу технічної стиглості за вологості насіння 40 % різниця становила 0,64-0,67 г.

Ріпак вирізняється досить тривалим періодом генеративного розвитку. У порівнянні із зерновими культурами він має удвічі довший період цвітіння-дозрівання. Фізіологічна стиглість насіння майже у всіх рослин настає значно раніше, ніж воно досягає фази повної стиглості. Однак, маючи високу схожість, в польових умовах при дії несприятливих факторів

недозріле насіння проростає значно гірше, ніж в лабораторії (Карпов, 1974; Ижик, 1976; Овчаров, 1976; Костенко, 1984; Шпаар та ін., 1999).

Таблиця 39

**Вплив строків збирання на врожайні властивості ріпаку ярого,
середнє за 2004-2006 рр. (Новицька Н. В., Гарбар Л.А.)**

Сорт, <i>фактор А</i>	Строки збирання, <i>фактор В</i>	Маса 1000 насінин, г	Польова схожість, %	Урожайність, т/га	Вміст олії, %
Марія	I	2,88	85,6	2,15	39,5
	II	3,42	82,1	2,39	42,1
	III	4,09	78,4	2,51	43,0
Оksamит	I	2,76	84,3	2,02	36,7
	II	3,68	74,7	2,26	39,1
	III	4,02	72,4	2,38	39,9
Калинівський	I	2,69	77,6	1,99	40,2
	II	3,33	75,2	2,23	43,5
	III	3,99	70,3	2,35	44,1
<i>НІР</i> _{0,05}		0,28	2,2	0,13	1,3

Показники життєвості насіння тісніше пов'язані з польовою схожістю, ніж з лабораторною. Сам показник польової схожості характеризує життєвість насіння в конкретних умовах поля, де воно висіяне. Вчені встановили майже повний позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,99$) між кількістю проростків пшениці, що зійшли та енергією їх росту, під якою вони розуміють здатність проростків досягати поверхні ґрунту при загортанні насіння на велику глибину (Овчаров, 1969; Кавунець та ін., 2005). В наших дослідках показники польової схожості змінювались ідентично силі росту. Так, з таблиці видно, що найвищу польову схожість мали варіанти, де висівали посівний матеріал, зібраний в зеленій стиглості, за 60 % вологості насіння (I строк).

Щоб дати теоретичне обґрунтування тому чи іншому строкові збирання необхідно детально вивчити динаміку надходження пластичних речовин в рослину під час визрівання. Оптимальним строком вважатиметься той, коли рослина досягне максимальної маси, а надходження до неї асимілянтів припиняється. В наших дослідках було визначено вплив строку збирання на рівень надходження до насінини продуктів фотосинтезу та їх трансформації. Цей рівень ми визначили показником маси 1000 абсолютно сухих насінин. Результати цих визначень показали, що маса 1000 насінин помітно змінювалась і ця зміна була на користь пізнього збирання. З даних проведеної діаграми видно, що до повного визрівання суха речовина продовжує надходити в насінину і, таким чином, це призводить до збільшення її маси.

При збиранні насіння в фазі повної стиглості отримали найвищий урожай, причому насіння мало найбільшу лабораторну схожість. Слід відмітити, що насіння першого і другого строків збирання також мало добру схожість. Накопичення сухої речовини супроводжується зменшенням вологості насіння і співпадає з темпом накопичення олії.

Вплив факторів строку збирання та сорту на певні елементи продуктивності ріпаку був неоднорідним (рис. 21). На варіацію маси 1000 насінин, польову схожість, урожайність та вміст олії в насінні найбільший вплив мав фактор строку збирання. Маса 1000 насінин у досліджуваних сортів ріпаку була майже ідентичною, тому 96 % всіх відхилень обумовлював чинник строку сівби, а незначний вплив сорту та його взаємодії зі строком (по 2 %) вказує на загально видову реакцію, без сортової специфічності. В той же час польова схожість отриманого насіння сильніше варіює за дії строку збирання (53 %) і залежить від сорту (на 40 %) та взаємодії з строком сівби (7 %).

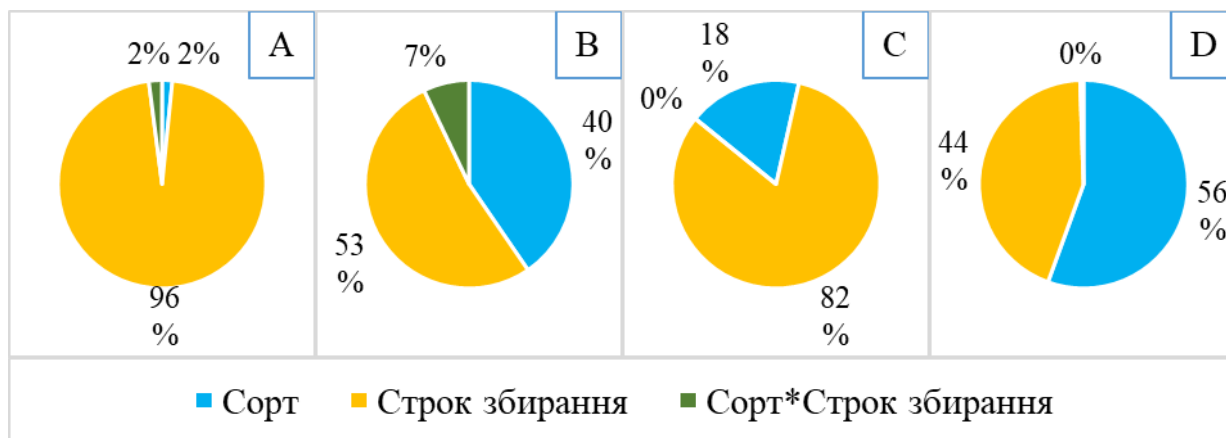


Рис. 21 – Частка участі факторів сорту та строку збирання на масу 1000 насінин (А), польову схожість (В), урожайність (С) та вміст олії (D) в насінні ріпаку (Новицька Н.В., Мазуренко Б.О.)

Вплив взаємодії сортового чинника та строку збирання на урожайність насіння та вміст олії майже відсутній, але частка впливу основних факторів відрізнялася. На урожайність насіння ріпаку суттєвіше впливав строк збирання (82 %), а на вміст олії в насінні – сорт (56 %).

7. ГЛОБАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЛЮДСТВА ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Виклики, які стоять перед людством щодо забезпечення продуктами харчування більш ніж 9 мільярдів людей, які за прогнозуванням проживатимуть на нашій планеті в 2050 році є досить складними (FAO. FAOSTAT, 2008; 2011; 2019; Jaggard et al., 2010). Основною проблемою XXI століття в світі та в Україні є і буде забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки, а також відвернення продовольчої незалежності. Чи може «зелений світ» Землі бути достатньо продуктивним для задоволення потреб людства у продуктах харчування та виробництва відновлювальної енергетичної сировини на заміну традиційним видам палива?

Впродовж свого історичного розвитку людина намагалася адаптувати нові види, створити сорти і гібриди, розробити адаптивні технології їх вирощування, зважаючи на змінні умови вирощування (Жученко, 1988; Gregory et al., 1991; Кривобочек & Вельмисева, 2005). Але глобальні зміни клімату та погоди обумовлюють і зростання темпів змін довкілля – підвищення температури, нерівномірні опади, посухи та інше. Саме через це передбачається значний вплив різних негативних чинників на врожай та його якість (Hatfield et al., 2011; Мельник та ін., 2015; Добровидова, 2019; Kalenska et al., 2019).

Екстремальні погодні зміни вже позначаються на агросистемах у всьому світі. Основними обмежуючими чинниками за виробництва продукції рослинництва є забезпечення рослин вологою та оптимальними температурами, що за критичних умов потребує розширення біорізноманіття, інтродукції у виробництво нових видів. У багатьох аграрних регіонів світу до 2040 року через зростання використання води та підвищення температури збільшиться дефіцит води (додаток Б).

Наприклад, після 10-річної посухи, Австралія зазнала катастрофічних повеней восени 2010 року та взимку 2011-го. Як наслідок – втрата врожаїв та

понесені збитки у розмірі близько 6 мільярдів доларів США. Наслідки непередбачуваної і жорсткої погоди більшою мірою проявляються в нестабільних регіонах світу, які вже і так більш вразливі, що виявляється в зростанні голоду, бідності та продовольчій незахищеності (CNA, 2007; Филд та ін., 2012; Bizikova та ін., 2014). Наслідки зміни клімату стають очевидними і немає жодних ознак того, що вони будуть зворотними в найближчому майбутньому. З огляду на це, завдання формування адаптивних до швидкозмінного клімату та погоди агроценозів є критичним з точки зору глобальної продовольчої безпеки та політичної стабільності в світі (Бабич, 2018; Dijk et al., 2014; Власов, 2009; Массон-Дельмонт та ін., 2019; Climate Change: Synthesis Report, 2007; Farouk, 2011; CAN, 2011; Kalenska et al., 2018).

Розробка способів врахування та зменшення погодного ризику – чи не найголовніше завдання галузі рослинництва. Із загальної площі орних земель в Україні близько 18 млн га розташовані у посушливих областях. Понад 2,5 млн га посівів озимих зернових на території України знаходиться в зоні недостатнього зволоження. В останні роки повітряні посухи повторюються практично по території всієї України з інтервалом один раз в 3 роки (Лихочвор, 2004; Козаченко, 2019; Нечипоренко, 2020).

У практиці сільськогосподарського виробництва підвищення стійкості рослин до посухи і обезводнення здійснюється за допомогою певних заходів. У цьому складному комплексі прийомів, які послаблюють посуху або її післядію, можна виділити три основні напрямки: географічний, селекційно-генетичний і агротехнічний. Географічний напрямок заходів передбачає послаблення наслідків посухи на основі географічної роз'єднаності посівів тієї чи іншої культури в межах її можливого ареалу. Зважаючи на імовірну локальність посух, передбачається, що недобір врожаю зерна в одному районі може бути компенсований врожаєм цієї ж культури в іншому, де посухи не було. Селекційно-генетичний напрямок передбачає вибір найбільш пристосованого типу (озимі, ярі, пізні ярі); сорту (посухостійкого,

швидкостиглого, пізньостиглого) і різних біологічних ознак, що забезпечують найбільше пристосування до природних умов, які склалися; виведення, на основі екологічно вивченого селекційного матеріалу нових продуктивних сортів, біологічні властивості яких, зокрема і ритм розвитку, будуть якнайкраще пристосовані до природних умов тієї чи іншої ґрунтово-кліматичної зони (Сайко, 2008; Шевченко, 2020).

Стійкість та адаптація агроценозів, рослин до дії біотичних та абіотичних чинників є основою стабільного виробництва продукції рослинництва (Кривобочек & Вельмисева, 2005). За значної кількості сортів та гібридів польових культур, які нині пропонуються виробництву, важливо вибрати власне ті, які характеризуються стабільністю щодо формування урожайності та пластичні до умов довкілля. Збагачення біорізноманіття культур в штучно створених людиною біоценозах, ідентифікація культур, які за своїми біологічними, технологічними та споживчими особливостями придатні для інтродукції у виробництво – один із важливих шляхів розширення виробництва продукції рослинництва. Якість продукції, управління її формуванням відповідно до напрямів використання з врахуванням нормативних вимог до безпечних продуктів – черговий виклик людству (Власов, 2009; Пилипенко, 2018).

Також перед людством стоїть проблема раціонального використання, збереження та збагачення природних ресурсів Землі; пошуку культур, які можуть бути потенційно адаптованими до умов вирощування та переважати відомі за екологічними та біологічними властивостями; освоєння нових джерел отримання сировини для харчової промисловості, а також корисних компонентів, які можуть стати джерелом відновлювальних джерел енергії, повноцінного харчування, лікарських засобів, продукції рослинництва. Одним із найперспективніших шляхів отримання енергії є її акумулювання в рослинній сировині через підвищення інтенсивності процесу фотосинтезу. Ефективність виробництва альтернативних видів біопалива визначається раціональним підбором видів та інтенсивністю формування рослинами

біомаси відповідного хімічного складу. Зернові культури відіграють значну роль в житті людини, забезпечуючи продуктами харчування, кормами, сировиною для промисловості та виробництва біопалива (Ковальов, 2009; Пилипенко, 2018).

В Україні є значні природні ресурси цінних видів рослин. Концепція виробництва сільськогосподарських культур в Україні потребує докорінного перегляду, з погляду забезпечення населення біологічно цінними продуктами харчування та сировиною для промисловості, а не лише валового виробництва окремих експортно привабливих видів продукції рослинництва. Введення в культуру промислово-цінних видів потребує впровадження адаптивних технологій вирощування, зважаючи на властивості виду, сорту, гібриду, які базуються на адаптації виду до умов вирощування, особливостях формування урожайності та якості (Кривобочек & Вельмисева, 2005; Бабич, 2018; Кваша, 2009; Попко, 2019).

Швидке зростання населення планети за останнє десятиліття змусило аграрний сектор збільшити врожайність, щоб задовольнити потреби мільярдів людей, а надто в країнах, що розвиваються. Поширення дефіциту поживних речовин у ґрунтах спричинило значні економічні втрати для фермерів і неабияке зниження якості харчування й загальної кількості зернових для людей та худоби. Широкомасштабне застосування хімічних добрив задля збільшення врожайності вже не є належним вибором в довгостроковій перспективі, оскільки хімічні добрива вважаються палицею з двома кінцями: з одного боку, це збільшує врожай; з іншого ж – порушує мінеральний баланс ґрунту і зменшує його родючість. Масове використання промислових хімічних добрив завдає непоправної шкоди довкіллю, ґрунту, мінеральних циклам, мікробній флорі ґрунту, рослинам, а надто – харчовим ланцюгам (Сайко, 1999; Ковальов, 2009; Попко, 2019; Нечипоренко, 2020).

В останні роки нанотехнології розширили свою значимість на рослинництво та сільське господарство. Значні досягнення в галузі нанотехнологій збільшили можливості широкомасштабного виробництва

наночасток фізіологічно важливих металів, які зараз використовуються задля поліпшення складу добрив, з метою збільшення поглинання рослинними клітинами та мінімізації втрат поживних речовин. Дослідження показують, що нанодобрива здатні підвищити врожайність шляхом збільшення швидкості проростання насіння, зростання сходів, фотосинтетичної активності, метаболізму азоту та синтезу вуглеводів та білків (Шабанова и др.; 2007; Каплуненко та ін., 2008; Shang et all, 2019).

Перед людством гостро постає проблема щодо екологічного сліду сільського господарства. Адже його неабиякий вплив на екологічну ситуацію дедалі зростає, аж до того, що вже підривається виробництво продовольства через деградацію ґрунтів, дефіцит води та несприятливі наслідки зміни клімату (Казакова, 2012; Нечипоренко, 2018).

7.1 Стан та перспективи виробництва сої в світі та в Україні

Сою традиційно відносять до однієї із найбільш розповсюджених у світі зернобобових сільськогосподарських культур, яку щороку сіють на площі понад 120 млн га. У світовому аграрному масштабі виробництва вона займає також провідні позиції однієї із важливих олійних культур. Значне поширення зумовлене особливо цінним вмістом у її складі поживних речовин, високою економічною ефективністю виробництва, а також універсальним характером використання у харчових, кормових і технічних цілях. Основними передумовами, які зумовили зміну становища цієї культури в світі за останні 20 років, стали зрушення у структурі харчування населення розвинених країн, що пов'язані із переходом від використання тваринних жирів на рослинні та олію; а також збільшення його чисельності в країнах Азії і стрімкий розвиток галузі тваринництва у ЄС. У сукупності це зумовило зростання глобального попиту на сою та переорієнтацію багатьох країн на її вирощування, серед яких опинилася і наша країна (Бабич, 2017; Боровський, 2011; Петриченко & Іванюк, 2010; Кваша та ін., 2013).

За посівними площами і валовими зборами зерна соя є головною бобовою культурою світу. В Україні спостерігається стійка тенденція і високі темпи збільшення посівних площ та валових зборів сої. Якщо у 1990 році з площі 93 тис. га було зібрано близько 100 тис. тонн зерна сої при врожайності 1,3 т/га, то у 2017 році з площі 1,9 млн га отримано 3,8 млн тонн при врожайності 1,9 т/га. В 1990 р. соя в структурі займала 0,3 %, в 2011 р. – 3 %, в 2018 році посівні площі під соєю становили 1,73 млн га, що на 13 % менше, ніж у 2017 р., в 2019 році ще менше – 1,55 млн га, що на 21 % менше ніж в 2017 році.

Найбільші площі сої були зафіксовані у Полтавській, Хмельницькій, Київській та Сумській областях. А найбільше скорочення площ посівів сої відбулося у Дніпропетровській (47,7%), Миколаївській (43,2 %), Харківській (36,5 %), Одеській (29 %) та Кіровоградській областях (27,3 %). У 2019 році в Україні зібрано 3,7 млн т сої, що на 15,9 % менше, ніж у 2018 р. з валовим збором 4,4 млн т. Зниження показника обумовило як зменшення посівних площ, так і середньої врожайності – 2,4 т/га в 2019 році проти 2,6 т/га у 2018 році. Найбільший врожай отримано у Хмельницькій і Полтавській областях (Гаркавенко, 2016; Кернасюк, 2017; Пекін, 2017; Інфоіндустрія, 2018; Landlord, 2019).

Першопричиною скорочення площ під соєю стали «соеві правки» Закону України № 2245-VIII від 21 грудня 2017 року, відповідно до яких з 1 вересня 2018 року до 31 грудня 2021 року скасовується бюджетне відшкодування ПДВ при експорті соєвих бобів. Станом на 30 серпня 2018 року був підписаний законопроект №7403-д, яким скасовується норма щодо Невідшкодування ПДВ при експорті сої, насіння свиріпи та ріпаку для виробників, які самостійно поставляють ці культури за кордон. Даний законопроект сприятиме відновленню зацікавленості товаровиробників у вирощуванні цієї культури (Мельник, 2007; Інфоіндустрія, 2018; Landlord, 2019).

Соя – один з найкращих попередників для зернових культур. Поza тим, є високорентабельною культурою, сприяючи підвищенню родючості ґрунтів. Значне зростання посівних площ і валових зборів сої вказує на її надзвичайно важливу роль в аграрному комплексі України. Збільшення середньої урожайності є одним із головних резервів зниження собівартості виробництва сої та підвищення прибутковості, що неабияк впливає на показники конкурентоспроможності виробництва навіть за умов несприятливої цінової кон'юнктури зовнішнього і внутрішнього аграрних ринків (Коротич, 2006; Бульботько, 2010; Бабич & Бабич-Побережна, 2016; Дерев'янський, 2017).

Оптимізація технології вирощування сої. Ведення галузі рослинництва в умовах дефіциту ресурсного потенціалу вимагає сучасного науково-обґрунтованого підходу до вирішення цілої низки проблем, що стоять перед науковцями та виробничниками і які пов'язані з вирощуванням сільськогосподарських культур. При формуванні цього підходу особливу увагу слід надавати розробці таких елементів технології вирощування, які дозволяють: раціонально використовувати сортові ресурси сільськогосподарських культур із врахуванням ґрунтово-кліматичного потенціалу регіону; отримувати високі та гарантовані врожаї завдяки застосуванню добрив, стимуляторів росту, проведенню контролю і регулюванню чисельності шкочочинних об'єктів; створити міцну і повноцінну кормову базу для розвитку тваринництва; підвищити продуктивність агробіоценозів; зберігати, раціонально використовувати і підвищувати родючість ґрунтів (Стрыхар та ін., 2007; Бабич & Бабич-Побережна, 2011; Бабич & Венедіков, 2014; Петриченко та ін., 2008; Темрієнко, 2018).

Відомо, що в умовах Лісостепу при вирощуванні даної культури лімітуючим екологічним фактором є тепло, тому важлива роль належить правильному підбору сортів – не тільки за рівнем продуктивності та напрямком використання, але й за тривалістю вегетаційного періоду.

Високого рівня продуктивності сої неможливо досягти без збалансованого мінерального живлення рослин, а отже, раціонального застосування добрив і біологічних стимуляторів росту (Коць & Петерсон, 2009; Шарубін & Нагорний, 2012; Петриченко & Іванюк, 2010; Коляда, 2011).

Серед чинників, які найбільш істотно впливають на формування продуктивності сої, основними є: гідротермічні умови регіону, якість ґрунтів, сортові ресурси та рівень агротехнологій їх вирощування (Бабич та ін., 2014). За показниками забезпеченості регіонів України гідротермічними ресурсами ряд авторів виділяють, так званий, соєвий пояс України. Він охоплює територію Північного і Центрального Степу, Лісостеп, лісостепові райони Полісся та зрошувані землі півдня України. На цій території сою можна вирощувати на площі 500 тис. га, а в перспективі навіть до 1 млн га (Бабич & Петриченко, 1992; 2010; Шарубін & Нагорний, 2012; Петриченко & Іванюк, 2010). Завдяки створенню і впровадженню у виробництво нових високопродуктивних ранньостиглих і екологічно-пластичних сортів, соя вирощується в 23 із 25 областей України. Проте, найкращі умови для її вирощування складаються в Правобережному Лісостепу України, де щорічно випадає достатня кількість опадів для цієї культури (Коляда, 2011; Бульботько, 2010; Шарубін & Нагорний, 2012).

Надзвичайно важлива роль інокуляції, як процесу обробки насіння сої азотфіксуючими бактеріями роду *Rhizobia*, після якого починається взаємовигідне існування цих бактерій та рослини. Лише завдяки симбіозу можливе фіксування азоту бактеріями. Так, бактерії фіксують атмосферний азот, переводячи його в доступну форму, натомість рослина забезпечує ризобії білком та цукром. Для кожної бобової культури характерний певний вид бактерій, для сої це – *Rhizobia japonicum*. В середньому вони сприяють фіксації 60-80 кг і більше вільного азоту на один гектар. Причому кількість біологічно зв'язаного азоту може сягати 60-70 % загальної потреби сої в даному елементі, що, своєю чергою, сприяє заощадженню азотних добрив. Окрім того, в ґрунті після збирання сої залишається добре розвинена

коренева система з бульбочковими бактеріями. Зазвичай оброблене насіння потрібно висівати впродовж доби після інокуляції, уникаючи потрапляння прямого сонячного проміння. Сьогодні з'явилися нові інокулянти, які дозволяють заздалегідь (за 3 місяці до сівби) проводити обробку насіння сої. Для забезпечення на ранніх етапах розвитку рослин сої необхідними елементами живлення, захисту від пошкодження ґрунтовими збудниками хвороб та шкідників економічно вигідно поєднувати інокуляцію з обробітком мікродобривами, протруйниками, бактеріями-антагоністами тощо (Гордійчук, 2011; Заболотний & Циганська, 2015; Петриченко та ін., 2018; Шерстобоева та ін., 2011; Темрієнко, 2018; Гадзовський & Новицька, 2018).

Місце в сівозміні. Соя є одним з найкращих попередників для інших культур – зернових, кормових та технічних. Завдяки азотфіксації вона збагачує ґрунт цінною органікою, а також поліпшує його структуру. Сою бажано висівати на чистих або малозабур'яненних полях після озимих та ярих зернових культур. Після таких попередників як кукурудза, потрібно приділяти увагу подрібненню рослинних решток, для виконання якісного посіву. З огляду на низку спільних хвороб, небажано сіяти сою після соняшнику, ріпаку та інших зернобобових (Лихочвор та ін., 2010; Петриченко та ін., 2006, 2008).

Правильний вибір сорту, сучасні сорти сої, групи стиглості. Майже половина успіху при вирощуванні сої залежить від вірного вибору сорту сої. Впровадження та поширення сортів значно залежить від їх біологічних особливостей та умов довкілля. Тому кожний сорт потрібно вирощувати в тому регіоні або поясі, де проявляється найвища реалізація біологічного і генетичного потенціалу продуктивності. Поява нових високопродуктивних сортів сої дозволила не лише розширити ареал вирощування культури, а й отримувати високий врожай. Крім того, ранньостиглі сорти сої є відмінними попередниками під озимі зернові культури через накопичення у доступній формі азоту в ґрунті. Вони сприяють покращенню структури ґрунту та ранньому звільненні полів, що позитивно позначається на підготовці ґрунту

(Лещенко, 1962; Лещенко та ін., 1987; Лихочвор та ін, 2010).

Оптимальна глибина посіву, вимоги до температури та вологи. Зважаючи на те, що під час проростання соя виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту, вона дуже чутлива до глибини загортання насіння. Оптимальною глибиною посіву для сої є 4-5 см. Залежно від механічного складу ґрунту, вищезазначений показник необхідно коригувати, наприклад, на важких запливаючих ґрунтах, в умовах достатнього зволоження сіють на 3-4 см, а при недостатньому зволоженні – 5-6 см (Чернищенко, 2008; Петриченко & Дробітько, 2009; Лихочвор, 2001; Лихочвор & Петриченко, 2006).

Насіння сої проростає за прогрівання ґрунту до 8-10 °С. У період появи сходів соя не дуже чутлива до перепадів температури й може навіть витримувати приморозки до мінус 2-3 °С (Клыкков, 1963; Казаченко, 2010). Дружні сходи з'являються, коли ґрунт на глибині 10 см прогріється до температури 12-14 °С ([Flores J. et al., 2017](#)). Середньою температурою для росту і розвитку культури є 20-22 °С, а найбільше тепла соя потребує під час цвітіння і дозрівання бобів, оскільки є надчутливою до забезпечення вологою, зокрема в фази цвітіння та наливання бобів. Недостатня забезпеченість вологою в ці фази спричиняє значне зниження врожайності, адже це призводить до опадання квіток, зав'язі, а надалі – до абортивності насіння та бобів. У сортів з різною тривалістю вегетаційного періоду ці фази настають у різні періоди. Тому в господарствах висівають кілька сортів різних груп стиглості (Бабич, 1993; Лещенко та ін., 1985; Лихочвор, 2004; Шовкова, 2015).

Потреба в добривах. На формування 1 ц насіння, соя потребує в середньому азоту – 7,5, фосфору – 1,6-1,8, калію – 3,0-4,5 кг в діючій речовині. Надходження елементів живлення протягом вегетації у сої відбувається нерівномірно (Коць & Петерсон, 2009). Від сходів до цвітіння рослини засвоюють лише 18 % N, 15 % P та 25 % K, основна ж частина використовується від бутонізації до формування бобів і наливу зерна 80 % N, 80 % P та 50 % K. Як в інших культур, у сої є критичні періоди по тому чи

іншому елементі живлення. На початкових фазах розвитку культури (сходигалуження) найнеобхідніший фосфор, адже він сприяє не тільки закладці більшої кількості генеративних органів, а й розвитку бульбочок. Найбільшу кількість калію рослини сої використовують в фазі формування бобів і наливу зерна. Під час сходів і протягом тижня після сходів проросток використовує поживні речовини з насіння (Веллінгтон, 1973; Мякушко & Баранов, 1984; Петриченко та ін., 2018; Заболотний та ін., 2015).

Внесення високих доз азотних добрив до сівби пригнічує розвиток бульбочок. Основну частину азоту рослини сої використовують від фази бутонізації до цвітіння, коли інтенсивно наростає вегетативна маса. У цей період і азотфіксація є максимальною. Значна кількість азоту використовується також при наливі зерна. Норми мінеральних добрив потрібно розраховувати від наявності їх у ґрунті, зважаючи на рівень запланованого врожаю тощо. Зазвичай фосфорні та калійні добрива вносять під основний обробіток ґрунту (P_{45-60} , K_{45-60}). Стартову дозу азотних добрив (N_{20-30}) дають під передпосівний обробіток ґрунту на бідних ґрунтах та після гірших неудобрених попередників (Бабич, 1978; Заболотний та ін., 2015; Лихочвор & Петриченко, 2006; Молдован, 2018; Таран та ін., 2010).

Окрім макроелементів, для росту й розвитку рослин сої потрібні також мікроелементи, найважливіші з них – бор, молібден, кобальт. За їх нестачі знижується врожайність, погіршується якість зерна, яке уражається хворобами. Тому лише наявність мікроелементів у достатній кількості є обов'язковою умовою інтенсивної азотфіксації (Власюк та ін., 1983; Лихочвор та ін., 2008; Шовкова, 2015; Заболотний та ін., 2018).

Висота кріплення нижніх бобів, фактори впливу. Висота кріплення нижніх бобів має надважливе значення для збирання культури. Зазвичай вона обумовлена генетикою сорту. У сортів з низьким кріпленням бобів втрати при збиранні можуть сягати від 3 до 20 %. Оптимальною висотою вважають 12-15 см. За сівби ранніх сортів сої відзначено прямопропорційну залежність між нормою висіву та висотою закладання нижніх бобів. Тому, в разі

зріджених посівів нижні боби формуються на меншій висоті. Аналогічно впливають на даний показник у ранніх та скоростиглих сортів строки сівби. Так, за сівби раніше оптимальних строків міжвузля рослин короткі, а рослини низькі. Однак, за оптимальних строків сівби кріплення нижніх бобів є значно вищим, що пояснюється вищою реакцією сортів цих груп на довжину світлового дня (Лещенко, 1978; Лихочвор та ін., 1999; Каленська та ін., 2007).

Контроль чисельності бур'янів. Це досить вагомий елемент технології вирощування культури, який вимагає чи не найбільших зусиль. Адже соя належить до культур зі слабкою конкурентною спроможністю протистояти бур'янам, надто в перші 40-50 діб вегетації (Зуза та ін., 2015). Основними засмічувачами посівів сої у Степовій та Лісостеповій зонах Україна є багаторічні кореневищні бур'яни, зокрема осот рожевий, берізка польова, гірчак повзучий, а також однорічні ярі – всі види щириці, паслін чорний, амброзія полинолиста, гірчаки. Зі злакових – найпоширенішими є просо півняче та мишій. Для боротьби із бур'янами, залежно від часу внесення, можна застосовувати гербіциди досходові (ґрунтові) чи післясходові (страхові). Ефективність внесення ґрунтових гербіцидів визначається наявністю вологи в ґрунті та якістю обробки ґрунту (Фисюнов, 1984; Бабич, 1990; Лихочвор, 2001; Дерев'янський, 2012)

Ґрунтові гербіциди вносять зазвичай разом з передпосівною культивацією. На посівах сої результативними є препарати на основі наступних діючих речовин: S-метолахлору, ацетохлору, метрибузину, трифлураліну, прометрину, імазетапіру. Ці гербіциди також можна вносити після сівби культури до появи її сходів із загортанням в ґрунт боролами на глибину не менше 3 см (Бабич, 1993). Упродовж вегетації проти дводольних бур'янів посів обробляють тоді, коли соя має 1-3 трійчасті листки, а проти злакових – незалежно від фази розвитку культури, але зазвичай до фази 5-7 листка, тобто до початку цвітіння. Залежно від спектру бур'янів, ефективним

є застосування бакових сумішей препаратів (Бабич, 1990; Лихочвор та ін., 2010).

Захист посівів від хвороб та шкідників. Соя, як і переважна більшість бобових культур, уражується великою кількістю грибних, бактеріальних та вірусних хвороб. Найбільш шкодочинними грибними хворобами є: фузаріоз, аскохітоз, пероноспороз, борошниста роса, іржа, церкоспороз, септоріоз та інші. Ефективна боротьба з цими хворобами повинна передбачати агротехнічні (сівозміна, обробіток ґрунту, підготовка насіннєвого матеріалу) та хімічні (обробка фунгіцидами) заходи. Важливо пам'ятати, що дієвість фунгіцидів на сої буде максимальною при їх профілактичному внесенні. Найчастіше перше внесення припадає на початок бутонізації сої. Для обмеження шкідливості окремих видів, груп та комплексу фітофагів слід застосовувати систему інтегрованих заходів рослин, основою якої є систематичні спостереження за посівами сої, станом популяції шкідників та визначення доцільності заходів захисту (Мякушко & Баранов, 1984; Лихочвор та ін. 2008; Сидоренко, 2010; Петриченко та ін., 2009).

Збирання та зберігання насіння сої. Зазвичай збирання сої супроводжується частими осінніми опадами, перемінною погодою, що спричиняє підвищену вологість насіння сої. Збирання сої зумовлює травмування насіння культури, а саме цілісність оболонки зерна впливає на тривалість збирання без втрати її унікальних якостей (Стрихар, 2005). При пошкодженні оболонки відбувається швидке окислення жирів і руйнування вітамінних комплексів (Dang et al., 2014). З метою запобігання пошкодженню насіння та зменшенню втрат, сою потрібно збирати у стислі строки, терміново очищати від зелених домішок й інших засмічень, аби уникнути самозігрівання (Бабич, 1990; Новицька та ін., 2016; Лихочвор та ін., 2010).

7.2 Нанотехнології в рослинництві

Нанотехнології можуть привести світ до нової технологічної революції і цілком змінити не тільки економіку, але й навколишнє середовище. На

думку експертів, нанотехнології стануть рушійною силою наступної промислової революції, і змінюватимуть наш спосіб життя. Адже вони є не лише новим рішенням для сільського господарства, а й потенційним рішенням для рослинництва, ставши черговою «революцією» в даній галузі та інших суміжних, серед яких: тваринництво, молочна продукція, птахівництво, рибальство тощо. За використання нанотехнологій необхідно дотримуватись всіх етичних, регуляторних, токсичних та політичних вимог. Дослідження та розробки нанотехнологій перебувають у стані піднесення – гонитві за оригінальними та корисними речами. Тимчасом як відбувається зліт фабричного виробництва, докладено обмаль зусиль задля гарантування безпеки суспільства та навколишнього середовища. Нанопрепарати мають широку перспективу використання у виробництві після ретельно проведених досліджень, як *in vitro*, так і в лабораторних умовах (Worrall et al., 2018; Wang et al., 2016; Subramanian et al., 2015; Solanki et al., 2015; Shukla et al., 2019).

7.2.1 Нанотехнології – виникнення та перспективи

Нанотехнології – область прикладної науки і техніки, що займається дослідженнями властивостей об'єктів і розробкою пристроїв розміром порядку 10^{-9} м або 10 нм. Це своєрідні технології маніпулювання речовиною на рівні атомів і молекул з метою створення наноструктур, нанопристроїв і матеріалів зі спеціальними властивостями (Гуйда, 2008; Таланчук & Малишев, 2009; Shang, 2019).

Термін «нанотехнологія» придумав і ввів у вжиток професор Токійського наукового університету Норіо Танігучи в 1974 р. На думку Танігучи, нанотехнологія передбачає обробку, розділення, об'єднання і деформацію окремих атомів і молекул речовини, при цьому розмір наномеханізму не повинен перевищувати одного мікрона, або тисячі нанометрів. У 1959 р. американський фізик Річард Фейнман, лауреат Нобелівської премії, висловив припущення, що незабаром багато матеріалів і пристроїв виготовлятимуть на атомарному або молекулярному рівні, і це

допоможе отримувати матеріали з небаченими досі властивостями. Проте, лише чверть століття опісля, в 80-х роках, з'явилася вимірювальна і робоча апаратура, необхідна для поводження з нанорозмірними об'єктами – скануючі зондські мікроскопи. Можна стверджувати, що нанотехнології дають початок третій, небаченій за своїм розмахом науково-технічної революції (НТР 3) – появи нової реальності, яка змінить зовнішність світу вже до кінця першого десятиліття XXI (Рыбалкина, 2005; Бовсуновский и др., 2008; Гуйда, 2008; Duhan et al., 2017).

Зараз під терміном «нанотехнологія» розуміють сукупність методів і прийомів, що забезпечують можливість контрольованим чином створювати та модифікувати об'єкти, що містять компоненти з розмірами менше 100 нм; принципово нові якості, що мають (і дозволяють) здійснювати їх інтеграцію в повноцінно функціонуючі системи макромасштабу. Наносвіт – це світ хвилевих функцій, де існує можливість вибору (біфуркації). Частки існують в досить нерівноважних умовах, в яких проявляють здатність до самоорганізації, адаптації до зовнішнього середовища; самовибору оптимальної структури; самозбирання стійких наночасток. Це забезпечується інформаційним обміном щодо структурного розташування системи в кожній точці стану наночасток (Рыбалкина, 2005; Таланчук & Малишев, 2009; Лопатько та ін., 2011; Wang et al., 2016).

Мультидисциплінарний нанотехнологічний підхід потребує підтримки з боку урядів, урядових стратегій та політик, а також залучення фінансуючих органів, що сприятиме сталому розвитку сільського господарства. Системне дослідження реакцій-відповідей рослин в модифікованих умовах довкілля, тобто за умов зміни кліматичних чинників, трансформації з превалюванням деградаційних процесів ґрунтових та водних систем, забруднення їх різноманітними поллютантами, вказує на доцільність використання нанoeлементів для оптимізації адаптивних стратегій агрокультур та забезпечення сталості їх продукційних параметрів (Федоренко та ін., 2006; Головин, 2004; Auffan et al., 2009; El-Beyrouthya & El Azzi, 2014).

Наночастки класифікують як матеріал, у якому, принаймні, один вимір має діаметр <100 нм. Вони не нові для навколишнього середовища і поширені в природній формі у вигляді мінералів, глини та продуктів бактерій. З давніх часів вищезазначений матеріал використовувався як барвник для металів, але систематичне проєктування та конструювання наночасток для різних цілей розпочалося лише в останні кілька десятиліть (Maurer-Jones et al., 2013). Сконструйовані штучно наночастки розробляються з такими властивостями, яких немає в об'ємних зразках цих самих матеріалів (Auffan et al., 2009). Створені наночастки складаються з різноманітних матеріалів і мають різні розміри та форми із набором синтетичних поверхневих молекул, що відрізняє їх від їхніх природних матеріалів (Radad et al., 2012; Maurer-Jones et al., 2013). Наночастки металів та оксидів металів виявляють різні фізіохімічні властивості та відрізняються від своїх природних об'ємних сполук у кількох аспектах, що включають їхні поверхневі, оптичні, теплові та електричні властивості (Рыбалкина, 2005; Арсентьева, 2007).

Нанорозмірний стан речовини характеризується значною зміною та появою нових властивостей, які не притаманні матеріалу в компактному стані. Специфіка наноструктурного стану речовини зокрема відображена у термодинамічних характеристиках: коли зі зменшенням розміру значно збільшується різниця між моделлю твердої фази, що прийнята в класичній термодинаміці, та реальною наночасткою, а розподіл на об'ємну та поверхневу складову стає умовним. У роботах вчених відзначається, що в умовах постійної температури та тиску збільшення вільної енергії Гіббса наночасток відбувається завдяки значному росту площі поверхні, або поверхні розподілу фаз у наноструктурованому матеріалі (Бовсуновский та ін., 2008; Ішлер С.Ю. & Новицька Н.В., 2011). Завдяки великій площі поверхні всі наноматеріали володіють значною поверхневою енергією – збільшеною, принаймні, на три порядки по відношенню до компактного матеріалу, і у такий спосіб перебуваючи у нестабільному або

метастабільному стані є схильними до утворення агломератів (Новицька Н.В., 2009; Шабанова И.В. та ін., 2007; Ульберг та ін., 2005; Захарченко та ін., 2005).

Незважаючи на те, що жоден із відомих методів і способів отримання наноматеріалів не є універсальним, а тільки дозволяє вирішувати ті чи інші технічні задачі, актуальним залишається розробка нових та вдосконалення існуючих методів і способів отримання наноматеріалів, а надто, коли мова йде про застосування їх у біотехнологіях. Питання біологічного впливу наноматеріалів, їх токсичність або здатність позитивно впливати на метаболічні процеси та фізіологічний стан організму в цілому – чи не найголовніше у фундаментальних дослідженнях взаємодії наночасток з біологічним середовищем (Duhan et al., 2017; Ghormade et al., 2011; Dubey & Mailapalli, 2016; Maurer-Jones et al., 2013).

На сьогодні в світі нанотехнологій існує низка проблем та питань, які потребують глибокого вивчення, зокрема ймовірність токсичної післядії нанопрепаратів, механізм руху частинок в довкіллі, відсутність виробничих потужностей для масового промислового виробництва нанопрепаратів - високотехнологічних продуктів, відсутність широкомасштабних наукових та виробничих досліджень; та які обумовлюють необхідність подальших теоретичних та прикладних досліджень в напрямку використання нанопрепаратів в галузі рослинництва, поєднуючись з актуальними питаннями збереження довкілля (Копілевич та ін., 2008; Ghormade et al., 2011; Wang et al., 2016; Shang et al., 2019).

Попри ризики, нанотехнології широко впроваджуються у всіх галузях техніки, матеріалознавства, сільському господарстві. Особливо перспективними є досягнення і впровадження нанотехнологій у біології, медицині, фармакології. Нові медпрепарати, системи діагностування і лікування відкривають нові можливості для покращення і продовження життя людини (Розенфельд та ін., 2008; Auffan et al., 2009). Багато країн, зокрема і Україна, прийняли національні програми розвитку нанотехнологій.

Також з кожним роком збільшується фінансування робіт, розширюється міжнародне співробітництво в цьому напрямі (Таланчук & Малишев, 2009). Це є запорукою швидкого отримання результатів на користь всьому людству.

7.2.2 Нанотехнології в сучасному сільському господарстві

Для задоволення попиту на продукти харчування зростає інтенсивність виробництва. Як наслідок – виснаження та втрата родючості ґрунтів, а також зниження врожайності сільського господарства (Farouk & Cliche, 2008; Попко, 2018; Бабич, 2018). З огляду на інтенсивне виробництво, приблизно 40 % сільськогосподарських угідь у світі деградувало, що спричинило значні втрати родючості ґрунтів (Нечипоренко, 2018). З метою вирішення зростаючих викликів сталого виробництва та продовольчої безпеки, за останні роки у галузі сільського господарства досягнуто значних технологічних звершень та інновацій (Казакова & Ковальов, 2009; Завгородня, 2012; Dijk & Meijerink, 2014; Пилипенко, 2018).

Нанотехнології мають значний потенціал для ефективного вирішення проблем, пов'язаних із сільським господарством. Вони є однією з ключових технологій у двадцять першому столітті, адже в змозі вдосконалити традиційні сільськогосподарські практики та запропонувати стійкий розвиток шляхом вдосконалення тактики управління та збереження завдяки зменшенню витрат сільськогосподарських ресурсів. За останні два десятиріччя проведено значну кількість досліджень з нанотехнологіями та їх використанням в сільському господарстві (Головин, 2004; Гуйда, 2008; Dubey & Mailapalli, 2016; Dwivedi et al., 2016; El-Beyrouthya & El Azzi, 2014; Jampilek & Kral'ova, 2015).

Традиційно в Україні і світі проблему збагачення добрив для рослин, кормів для тварин життєво необхідними мікроелементами вирішують за рахунок солей важких металів і хелатних сполук, що за своїм складом і властивостями мало відповідають біологічним потребам рослин і тварин, і лише незначною мірою засвоюються останніми. Внаслідок чого здійснюється

накопичення солей важких металів у довкіллі, погіршується його екологічний стан, знижується якість отримуваних продуктів харчування. Надмірне використання добрив безповоротно змінює екологію ґрунту, зменшуючи придатні для рослинництва площі (Каличкін & Захаров, 2005; Таланчук & Малишев, 2009; Duhan et al., 2017).

Стале сільське господарство передбачає мінімальне використання агрохімікатів, що з часом може захистити довкілля та зберегти окремі види від зникнення. Наноматеріали підвищують продуктивність сільськогосподарських культур, збільшуючи ефективність використання природних та промислових ресурсів. Це було б неможливим без цільової контрольованої доставки елементів живлення. Одне з основних завдань рослинництва полягає в управлінні адаптаційними властивостями рослин до прогресуючих змін клімату, таких як: екстремальні температури, дефіцит води, солоність, лужність та забруднення навколишнього середовища токсичними металами, не загрожуючи існуючим чутливим екосистемам (Арсентьева та ін., 2007; Сайко, 2008; Bizikova et al., 2014; Dwivedi et al., 2016).

Розробка та використання наносенсорів за точного виробництва продукції рослинництва неабияк покращили контроль людиною стану ґрунту та рослин, контроль якості та забезпечення безпеки, сприяючи сталому сільському господарству та екологічним системам (Afsharinejad et al., 2016; 2 Dubey & Mailapalli, 2016). Наноматеріальна інженерія є провідним напрямком досліджень: підтримує розвиток високотехнологічного сільськогосподарського виробництва, пропонуючи більш широку питому площу, що має вирішальне значення для сталого розвитку систем сільського господарства (Фолманис та ін., 2009).

Актуальним для сільського господарства України є створення та впровадження нових екологічно безпечних і технологічних препаратів, покликаних підвищити ефективність використання рослинами поживних елементів мінеральних добрив і ґрунту (Арсентьева та ін., 2007; Таран та ін.,

2011; Копілевич, 2008). Це сприяє підвищенню урожайності культур та якості продукції і, відповідно, зростає в цілому ефективність вирощування культур (Каленська та ін., 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2018, 2019, 2020; Новицька, 2014; Abdel-Aziz et al., 2016; Sabir et al., 2014). Цього можна досягти завдяки розробці інноваційних технологій вирощування рослин у посівах. Так, важливу роль відведено новим препаратам: нанодобривам, рістстимулювальним комплексам тощо (Якименко та ін., 2008; Шабанова та ін., 2007; Preetha & Balakrishnan, 2017).

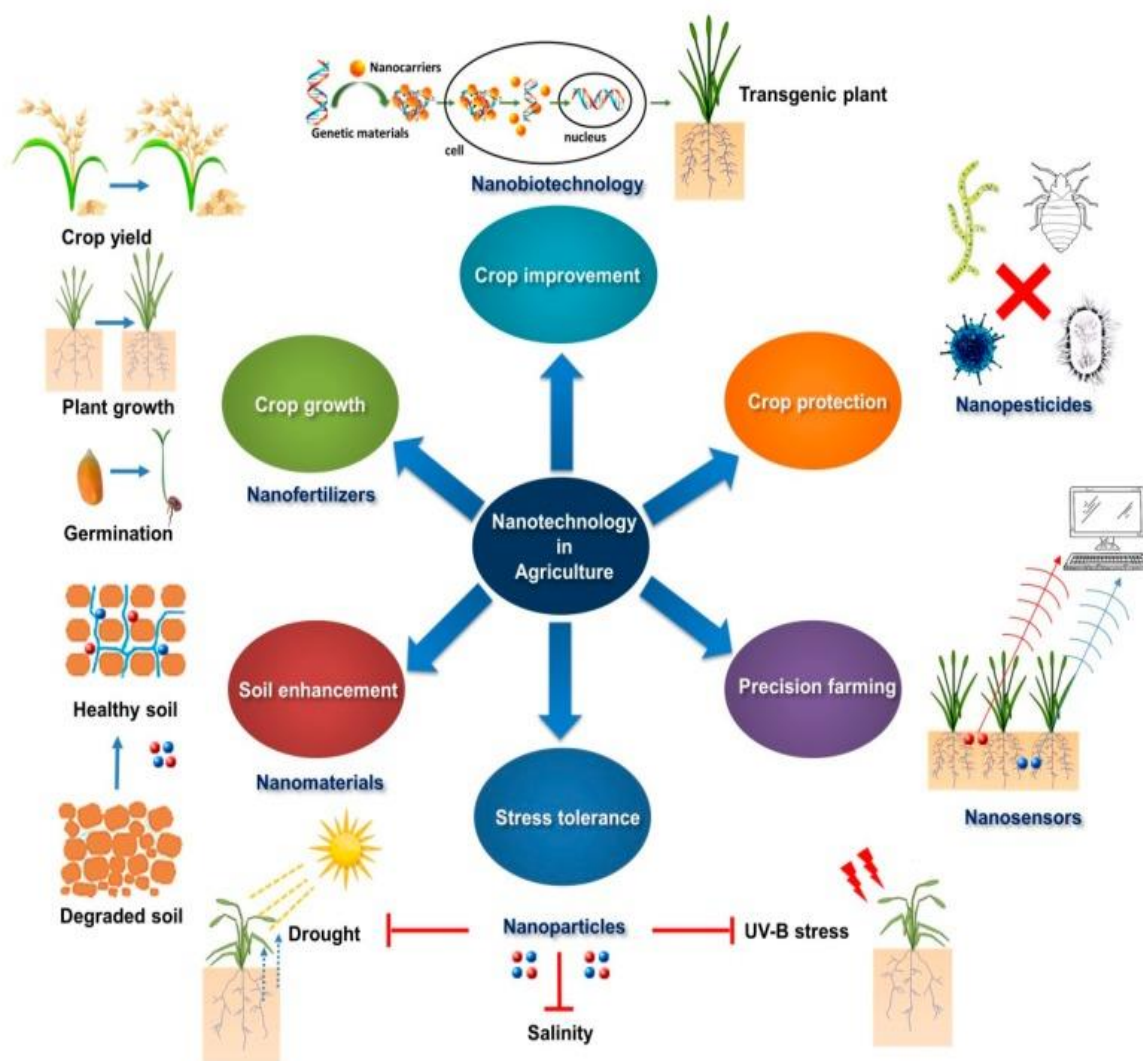
Використання інженерних наноматеріалів у межах сталого сільського господарства показало абсолютно новий спосіб виробництва продуктів харчування, який потенційно може подолати невизначеність у сільськогосподарському секторі з обмеженими наявними ресурсами (El-Beyrouthya & El Azzi, 2014). Інженерія наночасток – одне з останніх технологічних нововведень, що демонструє унікальні цільові характеристики з підвищеною міцністю. Нещодавні досягнення у виробництві наноматеріалів різних розмірів та форм дали широкий спектр застосувань у медицині, екології, сільському господарстві та харчовій промисловості (Jampilek & Kral'ova, 2015; Розенфельд та ін., 2008; He et al., 2018).

Нанотехнології розглядаються як одна з провідних технологій у двадцять першому сторіччі, яка обіцяє вдосконалити традиційні сільськогосподарські практики та запропонувати стійкий розвиток через покращення тактики управління та збереження внаслідок зменшення витрат сільськогосподарських ресурсів. Нині існує значна кількість перспективних напрямів використання нанотехнологій в рослинництві (рис. 1.1): джерело елементів живлення, активація та зростання продуктивності фотосинтезу, імуннокоректори, антистресори, нанопестициди: фітопатогенна стійкість та бактерицидна дія – вміст в новітніх протруйниках наноматеріалів у екологічно чистій та біосумісній з рослиною формі; специфічні кореневі ефектори (використовуються для укорінення пагонів та тканинних культур); препарати мультивалентної (комплексної) дії, які підвищують стійкість

рослин до стресу; антитранспіранти – сприяють зниженню транспірації, регулюванню ефективного використання води; регулятори росту – в малих дозах активно впливають на обмін речовин, зумовлюючи при цьому значні зміни в рості та розвитку рослин, використання нанодобрих та комп'ютеризованого контролю сприяє точному виробництву продукції рослинництва, зниженню затрат та навантаження на довкілля; збереження екології ґрунту (Worrall, 2018; Verma, 2018; Zaytseva, 2016; Ghormade, 2011).

Рис.1.1 – Застосування нанотехнологій у сільському господарстві (Shang et al., 2019)

Застосування нанопрепаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур забезпечує отримання стабільно високих



рівнів урожайності за зниження техногенного навантаження на довкілля. Спрямованість цих змін залежить від сортових особливостей та фази

розвитку рослин, величини й тривалості дії стресового чинника (Головатюк та ін., 2008; Таран та ін., 2010). При введенні наночасток у воду вона стає середовищем із певними властивостями, в якому підвищується адаптивність до довкілля, відбувається самоорганізація структур, що забезпечує оптимальний розвиток рослини в даних конкретних умовах. Для підтримання такого стану необхідна енергія, джерелом якої є наночастки (Таран та ін., 2011, 2015; Каленська та ін. 2011, 2013, 2018; Shukla et al., 2015).

Зрозуміло, що отримання нанобіоматеріалів, які б повністю відповідали всім вищеназваним вимогам, є непростим завданням. Однак, лише за таких умов наноматеріали можна кваліфікувати як функціональні нанобіоматеріали. У випадку їх застосування у сільському господарстві (рослинництві, тваринництві) завдання ще більше ускладнюється, оскільки ці матеріали повинні отримуватись у відповідних масштабах при доступній вартості (Лопатько К. Г. та ін., 2009; Захарченко С. Н. та ін., 2005). Контрольовано вивільнені нанодобрива (наночастки) покращують ріст та розвиток рослин, сприяють збільшенню урожайності та продуктивності (Abdel-Aziz et al., 2016). Підхід щодо цільової доставки елементів живлення на основі нанорозмірних частинок використовується для оптимізації продукційного процесу, направлено змінюючи його проходження, шляхом певних напрямів їх функціональної ефективності.

Суспензіями нанокристалічних порошків металів проводять передпосівну обробку насіння і садивного матеріалу буряків, картоплі, пшениці. Внаслідок застосування такого прийому збільшення врожаю становить 20-35 %. Одночасно відзначається підвищення адаптації рослин до стресових умов і поліпшується якість сільськогосподарської продукції. Нанотехнології застосовуються для підживлення винограду, післязбиральної доробки соняшнику, тютюну і картоплі, зберігання яблук в регульованих середовищах, озонування повітряного середовища (Sabir et al., 2014; Jampilek & Kral'ova, 2015; Shukla et al., 2015).

Наночастки впливають на біологічні об'єкти на клітинному рівні, вносячи свою надлишкову енергію, що підвищує ефективність проходження процесів у рослинах. А також беруть участь у формуванні мікроелементного балансу, тобто є біоактивними. Отримані варіанти наноформ таких металів як залізо, цинк і мідь, на відміну від їх солей, потенційно менш токсичні. Вони розходжуються поступово, генерують за необхідності іони та електрони, швидко підключаються в біохімічні реакції в момент утворення. Таким чином, досягається пролонгуючий ефект живлення рослин з величезної питомої поверхні (сотні квадратних метрів на 1 грам речовини), що містить безліч джерел, оточених оболонкою іонів. Препарати вносяться в мікродозах і не забруднюють середовище. Вони, беручи участь у процесах переносу електронів, посилюють дію ферментів, перетворюють нітрати в амонійний азот, розширюють можливості впливу на дихання клітин, фотосинтез, синтез ферментів і амінокислот, вуглеводний і азотний обмін, а також безпосередньо впливають на мінеральне живлення рослин. Маючи високу рухливість, взаємодіють один з одним і можуть конгломерувати на поверхні рослин, регулюючи цільові ефекти (Verma et al., 2018; Wang et al., 2015).

Дослідники вважають, що наномагній стимулює фотосинтез рослин, а нанозалізо прискорює ріст рослин. Поза тим, наночастки міді, заліза, цинку володіють бактерицидними властивостями й можуть доповнювати і підсилювати традиційні засоби захисту. Їх дія заснована на тому, що в умовах ґрунту вони поступово окислюються, створюють на поверхні насіння умови, несприятливі для проживання патогенної мікрофлори. При цьому уражаються (на відміну від рослин і живих істот) найменш енергоємні оболонки клітин бактерій, що позбавляють захисних функцій і доступу кисню, зокрема внаслідок інгібування ферментів дихального ланцюга (Лопатько та ін., 2009; Каленська та ін., 2013, 2015, 2018; Panpatte et al., 2016).

Безоболонкові клітини вірусів і веродів можуть також знищуватися. Потужним лідером цих виборчих процесів є наночастки срібла, що широко використовуються в комерційних цілях. Діючі дози не замінюють, а доповнюють існуючий агрофон. Вони значно нижчі фізіологічних норм рослин і складають кілька міліграмів мікроелементів на гектар чи тонну насіння зернових культур. При цьому вони не деформують генну систему, забезпечуючи стабільність в продуктивності рослин. Таким чином, питання захисту рослин доцільно розглядати в контексті сумісного застосування в бакових сумішах наночасток біогенних елементів і зменшених доз отрутохімікатів. Розширюючи асортимент хімічних елементів, з яких формуються наночастки, можна уповільнювати процеси звикання шкідників до отрутохімікатів, а також вибірково впливати на популяції, стійкі до традиційних схем захисту рослин (Ghormade et al., 2011; Лопатько та ін., 2011; Preetha & Balakrishnan, 2017).

Іншим перспективним напрямом є збагачення через рослинну сировину продуктів харчування, комбікормів, медичних та ветеринарних препаратів селеном, йодом, германієм, кремнієм, кальцієм та іншими елементами в біологічно активних наноформах (Ібатуллін та ін., 2004). У рослинництві застосування нанопрепаратів, суміщених з бактеріоропсином, забезпечує підвищення врожайності в 1,5-2 рази і стійкості до несприятливих погодних умов майже всіх продовольчих (картопля, зернові, овочеві, плодовоягідних) та технічних (бавовна, льон) культур. Нанотехнології застосовуються в післязбиральній обробці соняшнику, тютюну та картоплі, а також при зберіганні овочів і фруктів в регульованому газовому середовищі (РГС) (Федоренко та ін., 2006; Копілевич та ін., 2008; Шабанова та ін., 2007; He et al., 2018).

Наночастки використовують не в ізольованому вигляді, а у вигляді, наприклад, аквахелатів, тобто комплексів наночастки з поверхневим зарядом і лігандів у вигляді молекул води, які оточують наночастку. Стійкість комплексу забезпечується кулонівськими силами між зарядженими

частинками металу і диполями води. Наногідратна оболонка попереджує агломерацію частинок і випадіння їх в осад (Ульберг та ін., 2005; Рыбалкина, 2005).

Особливо відзначається біологічна активність органічних сполук кремнію – силатранів. Відсутність в них токсичного ефекту на живі організми, легка біодеградація у воді, ґрунті та організмах рослин/тварин дозволяє рекомендувати їх як екологічно безпечні засоби захисту рослин. Використання кремнійорганічних біостимуляторів у рослинництві підвищує холодостійкість, стійкість до спеки і засухи, надає можливість опиратись стресовим погодним умовам, підсилює захисні сили рослин при хворобах і проти шкідників, а також знімає пригнічуючу дію хімічних реагентів при комплексній обробці рослин (Dimkra et al., 2017; Duhan et al., 2017). За результатами багаторічних досліджень, використання кремнійорганічних препаратів схвалене в рослинництві з метою передпосівної обробки і в фазі вегетації для зернобобових, круп'яних, технічних, плодоягідних культур. Застосування в захищеному ґрунті світлотрансформуючої наноплівки дозволило збільшити врожайність овочевих культур в 1,5 рази і прискорити їх дозрівання (Ghormade et al., 2011; Kale & Gawade, 2016; Sabir et al., 2014).

Необізнаність щодо властивостей наночасток приводить не тільки до зменшення областей, в яких можливо їх використати, а і до врахування ризиків, які вони несуть для рослинного, тваринного і людського організму. Нові дослідження, проведені неурядовою організацією «Друзі Землі» в Австралії, Європі і США, фіксують швидке розповсюдження і збільшений ризик від вживання продуктів харчової промисловості й сільського господарства, виготовлених з використанням нанотехнологій. Ця публікація підкреслює необхідність регуляторних механізмів, введення правил техніки безпеки у відношенні нанотехнологій для захисту суспільства і навколишнього середовища. Вже тепер на ринку представлено від 150 до 600 видів нанопродукції та від 400 до 500 видів нанопакетів для харчових продуктів (He et al., 2018; Shukla et al., 2019; Shang et al., 2019).

Безсумнівні перспективи розвитку і широкого використання нанотехнологій полягають в тому, що наночастки біогенних металів мають надзвичайно високу активність і розміри, що відповідають розмірам живих клітин, сприяють підвищенню врожайності, валових зборів сільськогосподарських культур та якості продукції; збільшують ефективність використання елементів живлення та їх цільове використання, позитивно позначаються на зниженні токсикологічного навантаження на довкілля завдяки значному зменшенню валових об'ємів внесення добрив та пестицидів (Heffer & Prud'homme, 2012; Каленська та ін. 2011, 2013, 2018).

7.2.3 Ефективність нанопрепаратів в удобренні та захисті рослин

Величезна кількість добрив використовується для поліпшення родючості ґрунту та підвищення продуктивності культур (Dubey & Mailapalli, 2016; Li et al, 2014). За багаточисельними даними показано, що зростання урожайності за застосування добрив відбувається на третину, а решта зростання залежить від ефективності використання інших сільськогосподарських ресурсів (Попов та ін., 1984; Дмитренко & Витриховский, 1975; Sajid et al, 2015). При цьому ефективність використання елементів живлення з традиційних добрив не перевищує 30–40 % (Жемела, 1991; Dijk & Meijerink, 2014). Результативність використання елементів живлення зі звичайних добрив складає: азот (N) – 30–35 %; фосфору (P) – 18–20 %; калій (K) – 35–40 % і залишається незмінною впродовж останніх десятиріч (Дмитренко & Витриховский, 1975; Subramanian et al, 2015).

Ефективність використання елементів живлення зі звичайних добрив, які вносяться безпосередньо в ґрунт або у вигляді підживлень по листу, значною мірою залежить від кінцевої концентрації добрив, що досягає цілі (Коць & Петерсон, 2009; Solanki et al, 2015). Справді, дуже низька кількість, яка набагато нижча за мінімально бажану концентрацію, досягає цілі через втрати хімічних речовин при вимиванні, здуванні, стоку, гідролізу,

випаровуванні, фотолітичній або навіть мікробній деградації (Sabir et al., 2014). Як наслідок, багаторазове використання надмірної кількості добрив негативно позначається на властивій рівновазі поживних речовин ґрунту. Окрім цього, серйозно забруднюється довкілля через вимивання токсичних речовин у річки та водойми, зумовлюючи забруднення питної води (Solanki et al., 2015). На початку 1970 р. для виробництва однієї тонни зерна застосовувалося в середньому лише 27 кг NPK ha^{-1} , тимчасом як уже в 2008 р. використовувалося 109 кг NPK ha^{-1} задля досягнення того ж рівня виробництва. За даними Міжнародної асоціації промислових добрив (IFIA), світове споживання добрив різко зростало, і, за прогнозами, світовий попит досягне 192,8 млн тонн до 2016–2017 років (Heffer & Prud'homme, 2012). Значна частина хімікатів залишається в ґрунті або може потрапити в інші екологічні ніші, що призводить до сильного забруднення довкілля та впливає на нормальний ріст флори та фауни.

Мікроелементи в рослинах також беруть участь у окисно-відновних процесах, каталізі та синтезі на атомарному рівні (Власюк та ін., 1983). Інколи достатньо вмісту лише мільйонної часточки відсотка іонів металів для нормального функціонування рослини, а незначний надлишок може спричинити токсичне отруєння (Розенфельд та ін., 2008). Тому при вивченні наноматеріалів, необхідно, перш за все, відпрацювати методи аналізу їх вмісту в природних об'єктах. На другому етапі слід отримати такі форми мікродобрив, щоб вони повністю поглиналися рослиною, не забруднюючи навколишнє середовище і не завдаючи шкоди живим організмам й людині. Важлива також економічна доцільність застосування мікродобрив на різних культурах, тобто склад добрива повинен залежати як від виду рослини, так і від фази, в яку проводиться обробка (Власюк та ін., 1983; Бульгин та ін., 2007; Каленська та ін., 2018; Каленська та ін., 2020; Batsmanova et al., 2020).

Застосування нанопрепаратів у рослинництві, як мікродобрив, забезпечує підвищення не лише стійкості до несприятливих погодних умов, а й врожайності майже всіх продовольчих (картопля, зернові, овочі, плодово-

ягідні) і технічних (бавовна, льон) культур. Запропоновано механізм, за яким ці ефекти досягаються шляхом більш активного проникнення мікроелементів у тканини рослин завдяки нанорозмірів частинок та їх електрохімічно нейтрального статусу. В ролі фоліарів наномікродобрива проникають через листову поверхню при позакоренових підживленнях, а надалі – і в клітини рослин. Наночастки менше за розмірами від іонів солей, тому результат отримують через 2 години (замість 6-8 годин від звичайного фоліара). Відзначається також позитивний вплив наномагнію на збільшення продуктивності фотосинтезу, нанокремнія – на підвищення стійкості рослин до стресів (Гуйда, 2008; Копілевич та ін., 2010; Heffer & Prud'homme, 2012; Капітанська & Давидова, 2015; Kale & Gawade, 2016).

Для зниження дефіциту макро- та мікроелементів завдяки підвищенню ефективності використання поживних речовин та подолання хронічної проблеми евтрофікації найкращими альтернативами можуть бути нанодобрива (Косінов & Каплуненко, 2009; Shukla et al., 2019; Каленська та ін., 2011). Адже вони мають величезний потенціал: синтезовані спеціально для регульованого вивільнення поживних речовин залежно від потреб сільськогосподарських культур, а також мінімізують диференціальні втрати. Звичайні азотні добрива характеризуються величезними втратами з ґрунту через вимивання, випаровування або навіть деградацію до 50–70 %, що у підсумку знижує ефективність добрив і підвищує собівартість продукції (Лапука & Лалука, 1991; Yang H., 2016; Wang Z.H., 2015). З іншого боку, наноформули азотистих добрив синхронізують «викид» добрива-N з попитом культури, що запобігає небажаним втратам поживних речовин шляхом прямого використання посівами, у такий спосіб уникаючи взаємодії поживних речовин із ґрунтом, водою, повітрям та мікроорганізмами (Li et al., 2014; Miao et al., 2014; Dwivedi S., 2016; Panpatte D.G., 2016).

Застосування пористих наноматеріалів, таких як цеоліти, глина або хітозан, значно зменшує втрати азоту, регулює викиди на основі попиту, покращуючи процес засвоєння рослин. Цеоліти, заряджені амонієм, здатні

підвищувати розчинність фосфатних мінералів. (Lateef et al., 2016; Panpatte et al., 2016; Millan et al., 2008; Abdel-Aziz et al., 2016).

Довгострокова доступність всіх легованих поживних речовин для рослини протягом повного періоду вирощування є вирішальною для сприяння проростанню, росту, цвітіння та плодоношення. Наприклад, добриво з карбамідом, покрите наноматеріалами гідроксиапатиту, вивільняє азот повільно і рівномірно протягом 60 діб. Тимчасом як традиційні основні втрати добрив фіксуються лише протягом 30 діб при нерівномірному виділенні, що знижує поживну ефективність рослин й негативно позначається на рості сільськогосподарських культур (Kottegoda, 2011; Kale & Gawade, 2016).

Наноінсектициди. Наноматеріали мають великі перспективи для управління та контролю чисельності шкідливих комах у сучасному землеробстві. F. L. Yang, S. G. Li, F. Zhu, C. L. Lei (Yang et al., 2009) показали, що інсектицидна активність ефірної олії часнику проти *Tribolium castaneum* була збільшена на 80 % за допомогою етиленгліколю з покриттям наночастками. A. Goswami et al. (Goswami et al., 2010) встановили високу ефективність наночасток срібла, алюмінію, цинку, титану проти шкідливих комах (*Tribolium castaneum*) та патогенів. Debnath та ін. (Debnath et al., 2011) вивчили токсичність наночасток кремнію проти рисового довгоносика. Було встановлено, що смертність комах досягала рівня 90 %, що вказує на їх високу ефективність. Поряд з результативністю препаратів потрібно враховувати проблеми охорони навколишнього середовища. Singh Duhan J. Та ін. (Singh Duhan et al., 2017) показали, що переважна кількість сучасних синтетичних пестицидів є високотоксичними і мають згубні наслідки для навколишнього середовища. Перехід до наноінсектицидів зменшить надходження токсичних речовин у довкілля і є дуже перспективним з позицій охорони навколишнього середовища від забруднення (Afsharinejad et al., 2016; Auffan et al., 2009).

Наногербіциди. У боротьбі з фітопатогенами рослин дедалі популярними стають наногербіциди. R. Suriyaprabha, G. Karunakaran, K. Kavitha та ін. (Suriyaprabha et al., 2014) було встановлено, що застосування наночасток кремнію (20-40 нм) дієвіше у боротьбі з *Fusarium oxysporum* and *Aspergillus niger* на рослинах кукурудзи, порівняно з традиційними синтетичними фунгіцидами. Дослідження результативності наночасток оксиду цинку (35-45 нм), срібла (20-80 нм) та діоксиду титану (85-100 нм) у боротьбі проти *Macrophomina phaseolina* у посівах олійних культур показали високий ефект наночасток срібла, цинку та титану. Причому, найефективнішими виявилися наночастки срібла. Високу протигрибкову активність наночасток срібла, порівняно з іншими нанометалами, підтвердили дослідження інших вчених. Такий ефект пов'язаний зі здатністю наночасток срібла проникати у клітину фітопатогенних грибів й порушувати енергетичний обмін, дихальні функції, спричиняти мутації ДНК, руйнувати ферменти, зумовлюючи інші негативні процеси (Achari et al., 2018; Raliya et al., 2018; Chhipra et al., 2016; Chhipra, 2017; Aouada et al., 2015).

Наногербіцидами протруюють насіння проти: мікроорганізмів твердої сажки, стеблової іржі жита, летючої сажки проса; мікроорганізмів на зародку (летюча сажка пшениці і ячменю). Також їх використовують задля запобігання хворобам у ґрунті (пліснявіння насіння кукурудзи, фузаріозу і кореневого загнивання зерна). Вважають, що нанопротруювачі нетоксичні для рослин й людей, не потребують точного дозування (Dubey & Mailapalli, 2016; Naq & Ijaz, 2019).

Наногербіциди. Перспективним напрямом нанотехнологій є розробка наногербіцидів. Було створено наноструктури для цільової доставки гербіцидів до кореневої системи бур'янів. Молекули наногербіцидів надходили у їх кореневу систему, проникали у клітини, перешкоджаючи процесам обміну речовин. У підсумку це призводило до загибелі рослин (Pradhan et al., 2017). Водночас, створено наногербіциди, які знижують забруднення навколишнього середовища. Було досліджено (Meng et al., 2007)

токсичність нанокапсул poly(ϵ -caprolactone) гербіцидів (Ametryn, Atrazine, Simazine), порівняно з гербіцидами без капсули. Цитогенетичні тести показали, що токсичність нанокапсул гербіцидів була нижчою відносно водоростей *Pseudo kirchneriella subcapitata*, але дещо підвищувалася відносно *Daphnia similis*. Загалом, токсичність нанокапсул гербіцидів була нижчою, порівняно з гербіцидами без капсул (Ghormade et al., 2011; Shang et al., 2019).

7.2.4 Екотоксичність наноматеріалів та наночасток

Незважаючи на очевидні переваги нанотехнологій, залишаються відкритими питання щодо впливу наноматеріалів та наночасток (NPs), які входять до їх складу, на здоров'я людини і довкілля. Роботами багатьох авторів показано їх негативну дію на організм людини. Зокрема, при диханні наночастки легко проникають у лімфатичну, кровоносну та нервову системи, мозок та інші тканини і органи, порушуючи їх нормальне функціонування (Som et al., 2011; Kwak et al., 2018).

Наноматеріали надходять у навколишнє середовище і вступають у взаємодію з біотичними і абіотичними компонентами. Вони можуть негативно позначатися на вищих рослинах, організмах, що мешкають у природному середовищі. Згідно рішення Організації економічного співробітництва і розвитку (OECD), всі хімічні речовини, що надходять у навколишнє середовище внаслідок діяльності людини, повинні підлягати екотоксикологічному оцінюванню (OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 3, Environmental fate and behaviour). Для прийняття рішення щодо впровадження нанотехнологій у практику аграрного виробництва необхідно правильно оцінити напрям змін властивостей наноматеріалів у навколишньому середовищі і зробити об'єктивний прогноз екотоксичних ризиків внаслідок їх застосування (Auffan et al., 2009; Таран та ін., 2011; Maurer-Jones et al., 2013; Dijk & Meijerink, 2014).

Поява наночасток у ґрунті, воді та повітрі може завдати шкоди як екологічній біоті, так і людині. Нині невідомі всі ризики, пов'язані з

наноматеріалами, що зумовлює стурбованість з боку вчених, громадськості та влади. Існує величезний розрив знань між фізико-хімічними властивостями наноматеріалів та їх впливом на навколишнє середовище і здоров'я людини. Припускається, що при взаємодії з компонентами навколишнього середовища (хімічними речовинами, бактеріями, біологічними забруднювачами і т. д.) поведінка наноматеріалів кардинально змінюється, що може спричинити непередбачувані результати. Тому слід враховувати характеристику окремих середовищ при встановленні нанотоксикологічних ризиків (Wu et al., 2008; Dietz & Herth, 2011; Maurer-Jones et al., 2013).

Вчені наголошують, що виявлення ризиків від наноматеріалів та наночасток є критичним питанням (Holden et al., 2016). Потрібно досліджувати токсичність наноматеріалів, виконання цих експериментів має стати основою їх безпечності відносно людини та навколишнього середовища. З огляду на можливість довгострокового впливу низьких концентрацій наноматеріалів, велику увагу потрібно приділяти віддаленим ефектам та адаптації організмів до нанотоксичності. Наночастки, що входять до складу наноматеріалів, відрізняються від поширених забруднювачів, тому методологія наноекотоксикології має бути специфічною. Розроблення такої методології повинно стати основним завданням представників науки, уряду та бізнесу на сучасному етапі розвитку нанотехнологій (Lavelle et al., 2015).

Фізико-хімічні властивості наночасток упродовж надходження у природне середовище змінюються. І це неабияк залежить від рН середовища, температури, органічних речовин, глини у ґрунтах та ін. Змінюється їх заряд, виникає сильна адгезія до колоїдів, мінеральних і органічних речовин у воді та ґрунті. Зазвичай органічна речовина нейтралізує поверхневий заряд наночасток. Гумінові кислоти запобігають адгезії та знижують її токсичність. Проте, під впливом абіотичних факторів та за участі живих організмів відбуваються найскладніші перетворення наноматеріалів: змінюється

екологічна часка наночасток, відповідь біологічних систем на їх вплив і, як наслідок, їх токсичність (Ульберг та ін., 2005; Xiaojia et al., 2015).

Наноматеріали, що досягають поверхні землі, можуть забруднювати ґрунт, а також мігрувати в поверхневі та ґрунтові води. У водні системи наночастки можуть переноситися вітром або надходити з дощовими опадами (Viswanath et al., 2017). Однак, (Holden et al., 2016; He et al., 2015; Hu et al., 2016) підкреслюють, що нині відсутні дані щодо потенційних наслідків впливу наноматеріалів на природні екосистеми. Частка наноматеріалів у ґрунті певною мірою контролюється процесами сорбції органічними речовинами та деструкції під впливом сонячної радіації. Самі ж процеси деструкції наноматеріалів у середовищі залишаються недослідженими.

Підсумовуючи вищенаведене можна стверджувати, що нанопрепарати сприяють: активації продуктивності фотосинтезу; є мультивалентної дії; послаблюють стрес; антитранспіранти – сприяють пониженню транспірації; змінюють колонізаційний потенціал мікроорганізмів на корінні зернобобових культур (соя, нут), за комбінованої обробки насіння інокулянтами та нанoeлементами. Завдяки ним зростає нітрогеназна активність бульбочок зернобобових культур; вони є імуннокоректорами та антистресорами – підвищують стійкість рослин до стресів (жаростійкість, холодостійкість, морозостійкість); є джерелом елементів живлення; мають фітопатогенну стійкість та бактерицидну дію – вміст в новітніх протруйниках наноматеріалів в екологічно чистій та біосумісній з рослиною формі; є специфічними кореневими ефекторами (використовуються для укорінення пагонів та тканинних культур).

Поза тим, відмінні регулятори росту – в малих дозах активно впливають на обмін речовин, зумовлюючи при цьому значні зміни в рості та розвитку рослин; сприяють підвищенню урожайності та покращенню якості рослинницької продукції.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Інтенсифікація рослинництва базується на комплексному підході до підвищення його адаптивності, використанні можливостей селекції, екзогенної регуляції адаптивних реакцій, оптимізації умов зовнішнього середовища, конструюванні високопродуктивних та екологічно стійких агрофітоценозів. Сучасні сорти сільськогосподарських культур і сої зокрема характеризуються високим біологічним потенціалом продуктивності, проте реалізація його у виробничих умовах досягає лише 25-30 %. Слід відмітити, що сорти з високою потенційною продуктивністю в більшій мірі «сканують» і сої нерівномірний розподіл абіотичних і біотичних факторів середовища.

Нанопрепарати, впливачі на складно організованні в генетичному відношенні конструкції рослинного організму сучасних сортів та гібридів сільськогосподарських культур через комплексні зміни протікання фізіологічних та біохімічних процесів та реалізації їх генетичного потенціалу в умовах постійно діючих абіотичних та біотичних чинників, сприяють забезпеченню рослинного організму енергетичними та адаптивними ресурсами.

Сорт реалізує свої можливості через насіння . Як продукт статевого процесу насіння є важливою генетичною системою, носієм спадкових господарсько-біологічних властивостей, а також морфолого-анатомічних ознак сорту, гібрида. Розвиток рослин і формування насіння відбуваються за умов, створених спільною дією екологічних факторів і технологією вирощування. Посівні та врожайні властивості насіння зумовлюються не тільки генотипом сорту, а й модифікаційною мінливістю, спричиненою дією екологічних факторів та умовами вирощування. Модифікаційні зміни, акумульовані в насінні, викликані умовами його вирощування, значною мірою зумовлюють життя наступного покоління, його продуктивність. Виробництво насіння сільськогосподарських культур у достатній кількості та

з високими урожайними властивостями можливе лише за оптимальних умов вирощування.

Матрикальна різноякісність насіння польових культур суттєво впливає на формування посівних та урожайних властивостей насіння. Посівні властивості насіння більш високі при першому терміні їх формування – на головному колосі та з перших квіток. При перших термінах утворення складаються такі умови харчування і розвитку, що сприяють формуванню найбільш біологічно повноцінного насіння. Насіння ріпаку з середньої частини стручка має більш високу схожість і енергію проростання та характеризується найвищою продуктивністю.

Азотні мінеральні добрива сприяють підвищенню врожайності та маси 1000 насінин сортів пшениці ярої м'якої та твердої. При цьому енергія проростання та лабораторна схожість насіння знижуються, що в подальшому очевидно впливає на польову схожість насіння та врожайність культури, вирощеної без внесення добрив.

За різних видів та ступеня травмування насіння відбувається інтенсифікація дихання насіння, що призводить до швидкої втрати життєздатності насіння. Дихання насіння значно зростає за мікро- і макротравм як сухого насіння, так і особливо на перших мікростадіях його проростання. Інтенсивність дихання насіння обумовлюється місцем і ступенем травмування – насіння з мікро- і макротравмами сім'ядолей та зародка дихає значно інтенсивніше.

Ціле, нетравмоване насіння бобових культур з високим вмістом жирів дихає інтенсивніше, ніж крохмалевмісні злакові. У бобових культур при пошкодженні насінної оболонки кисень отримує доступ до внутрішнього змісту насіння і розвивається посилений дихальний процес. У травмованого насіння злакових культур найбільшою інтенсивністю дихання володіє насіння з мікропошкодженнями зародка, у бобових – з мікро- і макротравми сім'ядолей. Через добу після початку пророщування дихання насіння проходить в десятки разів інтенсивніше, ніж в сухого насіння. Після

тривалого зберігання інтенсивність дихання насіння збільшувалася, особливо травмованого, як за рахунок активації метаболічних процесів, так і діяльності патогенних мікроорганізмів.

Існують шляхи зниження негативних наслідків даного явища, завдяки яким схожість травмованого насіння зростає, переважно за рахунок знешкодження патогенної мікрофлори і стимуляції ростових процесів при пошкодженні оболонок насіння. Вплив протруйників на лабораторну схожість насіння з травмованими оболонками досить незначний, тоді як в польових умовах протруйники покращують, порівняно з контролем, посівні якості травмованого насіння, захищаючи його та стимулюючи ростові процеси. Озонування насіння також сприяє підвищенню посівних якостей, оскільки в результаті підведеної високої електричної напруги в насінні відбувається іонізація та зміна концентрації речовин; завдяки іонізаційним процесам утворюється озон, який виконує антисептичну дію в насінні; часткові розряди і розпад озону підвищують температуру та прискорюють обмінні процеси в насінні.

Зберігання зерна зернових та олійних культур у приміщенні з нерегульованою температурою викликає збільшення кількості зерна з аномальними проростками, зниження польової схожості при сівбі в польових умовах навесні. Кращою температурою для зберігання польових культур, за результатами наших досліджень, є понижені температури в межах – 5-0 °С.

Довговічність насіння значно залежить від погодних умов в період формування. За несприятливих погодних умов формування зростає відсоток слабкого, недорозвиненого і гіпертрофованого насіння, в 1,5-2 рази знижується господарська, проте мало змінюється біологічна довговічність, повністю не знижується період стійкого зберігання посівних якостей.

Технологічні прийоми збирання культур в більшості випадків більш суттєво, ніж несприятливі умови формування, погіршують посівні якості та довговічність насіння. Перестій на корені викликає різке погіршення посівних якостей та довговічності насіння озимих зернових, повну втрату

періоду стійкого зберігання та значне зниження схожості в перший же рік зберігання. Однотипове за біологічними властивостями насіння жита та пшениці з різною вихідною схожістю за рахунок травмування при механізованому збиранні характеризується різною господарською, проте подібною біологічною довговічністю.

Підвищення вологості насіння зернобобових культур прискорює втрату кондиційності при зберіганні в неконтрольованих умовах. Посівні якості насіння нуту при зберіганні в неконтрольованих умовах та при вологості насіння не вище 14 % не знижувалися нижче нормативних показників господарської довговічності. На п'ятий рік зберігання відбувалося стрімке зниження схожості насіння і втрата кондиційності.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абаев А.А. Матрикальная разнокачественность и урожайные свойства семян сои в предгорьях Северного Кавказа. Известия Горского ГАУ. 2012. Том 49. № 1-2. С. 13-16.
2. Азуркін В.О. Маса 1000 зерен та її взаємозв'язок із насінневою продуктивністю кукурудзи. Вісник Білоцерківського ДАУ. 2002. Вип. 24. С. 80–84.
3. Андрищенко А.В., Кривицький К.М. Випробування сортів в Україні: минуле і сучасне. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2005. № 2. С. 156-168.
4. Андрищенко Н.Р., Адамень Ф.Ф. Эффективность удобрения сои в Степном Крыму. Совершенствование технологии возделывания пропашных культур в Крыму. Сб. науч. тр. УСХА. 1980. Вып. 246.
5. Анискин В.И., Дринча В.М., Пехальский И.А. Повреждение семян зерновых культур при машинной обработке. Вестн. с.-х. науки. 1992. №1. С. 99–105.
6. Анискин В.И., Матвеев А.С. Снизить травмирование семян при уборке и послеуборочной обработке. Селекция и семеноводство. 1986. № 1. С. 53–55.
7. Богданов С. Потребность прорастающих семян в воде. К., 1988. 12 с.
8. Бабич А. О., Венедіктов О. М. Моделі технологій вирощування сої, їх економічна ефективність та конкурентоспроможність. Корми і кормовиробництво. 2014. № 53. С. 83-88.
9. Бабич А. Сорти сої і перспективи виробництва її в Україні. Пропозиція. 2017. № 4. С. 46-49.
10. Бабич А., Бабич-Побережна А. Соевий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні. Пропозиція. 2010. № 4. С. 52–56.
11. Бабич А., Бабич-Побережна А. Соя стратегічна культура світового землеробства ХХІ століття. Пропозиція. 2016, № 6. С.44-48.

- 12.Бабич М.М. Індикатори продовольчої безпеки в Україні: тенденції розвитку. Економіка АПК. 2018. № 5 С. 41
- 13.Бактеев Ф.Х. Ячмень. М.: Агропромиздат, 1955. 188 с.
- 14.Бартон Л. Хранение семян и их долговечность. Перевод с англ. М. : Колос, 1964. 240 с.
- 15.Батыгина Т.Б., Титова Г.Е., Васильева В.Е. Репродукция растений: теоретические разработки и инновационные технологии. Инновация. 2007. № 2. С. 39-46.
- 16.Белоконь И.П. К вопросу о разнокачественности растительных организмов. Сельскохозяйственная биология. 1969. Т. IV. № 2. С. 39–42.
- 17.Білоножко В. Я. Агробіологічні та екологічні основи формування врожайних властивостей насіння гречки в правобережному Лісостепу України [Текст]. : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09 Ін-т рослинництва ім. В.Я.Юр'єва УААН. Х., 2004. 35 с.
- 18.Білоножко В.Я, Аверчев О.В., Полторецький С.П. Урожайність гречки залежно від крупності насіння . Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць. 2001. Вип. 19. С. 87-92
- 19.Бугайов В. В. Хімічний склад та фізико-механічні властивості насіння злакових багаторічних трав, як чинник його довговічності. Селекція і насінництво. 2016. Випуск 109. С.131-139.
- 20.Будков А.Ф. Влияние крупности семян на урожай. Селекция и семеноводство. 1946. № 9-10. С. 72–73.
- 21.Будовський М.Д., Мірошніченко В.М., Панов М.І. Різноманітність насіння в різних біологічних форм буряків цукрових. Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН. Київ, 2008. Вип. 10. С. 160–163.
- 22.Булыгин С. Ю., Демишев Л. Ф., Доронин В. А. Микроэлементы в сельском хозяйстве. Днепропетровск: Сич, 2007. 100 с.

- 23.Буняк Н. М., Данилко І. М. Організаційно-економічний механізм виробництва добазового насіння зернових колосових. Економіка АПК. 2018. № 5. С.23–33.
- 24.Войтюк П. Передумови майбутнього врожаю буряків цукрових: якість насіння, виконання передпосівного обробітку ґрунту та сівби. Пропозиція. 2005. № 4. С. 56–57.
- 25.Валовиков А. П. Полевая всхожесть обычных и шлифованных семян сахарной свеклы. Основные выводы научно-исследовательских работ ВНИС по сахарной свекле за 1969 год. К. 1971. ч. 111. С. 631–632.
- 26.Васильковский С.П. Влияние репродукции, условий выращивания и разнокачественности семян ярового ячменя на их урожайные свойства: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 – селекция и семеноводство Белоцерковский СХИ. Белая Церковь, 1973. 21 с.
- 27.Веллингтон П.П. Методика оценки проростков семян. П.П. М.: Колос, 1973 – 174 с.
- 28.Вишневська А.М. Вишневський В. В., Кіндрук М. О., Слюсаренко О. К. Життєздатність насіння при його зберіганні. Збірник наукових праць. Селекційно-генетичний ін-т. 2005. Вип. 7 (47). С. 36-45.
- 29.Вишневський В.В., Кіндрук М.О., Вишневська А.М. Вплив погодних умов вирощування насіння озимої пшениці на його якість та термін зберігання. Збірник наукових праць. Селекційно-генетичний ін-т. 2007. Вип.9 (49). С. 197–208.
- 30.Вишневський П .І., Ситнік І. Д., Антонік І. Л. Виробництво озимого та ярого ріпаку в Лісостепу України. К.: Товариство «Знання» України, 2001. 35 с.
- 31.Вишнівський П. С. Ефективність вирощування ріпаку. Економіка АПК: Міжнародний науково-виробничий журнал. 2002. № 9. С.101–104.
- 32.Влох В. Г., Пархуць Б. І. Ефективність передпосівної обробки насіння квасолі звичайної в технології її вирощування. Вчені Львівського

- державного аграрного університету – виробництву. Львів : ЛДАУ, 2005. Вип. 5. С. 11–12.
- 33.Власов В.И. Глобализационное влияние—стратегическая основа развития международной торговли. Экономика Украины. 2009. № 4. С. 63–72.
- 34.Войтенко В.Ф. Разнокачественность семян и гетероспермия: о сущности понятий. Селекция и семеноводство. 1991. № 3. С. 56–59.
- 35.Войцехівська О.В., Капустян А.В., Косик О.І. та ін. Фізіологія рослин: практикум. За заг.ред. Т.В. Паршикової. Луцьк: Терен, 2010. 420 с.
- 36.Волкодав В.В., Каленська С.М., Новицька Н.В., Бельдій Н.М. Міжнародні правила аналізу насіння . К., 2011. 390 с.
- 37.Волощук О.В. Урожайні властивості насіння пшениці озимої залежно від місця його формування у колосі. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2008. Вип. 50. С. 31-35.
- 38.Гаврилюк М.М. Порядок організації насіннєвого контролю суб'єктами насінництва в Україні. К. : Аграрна наука, 2001. 49 с.
- 39.Гадзовський Г. Л., Новицька Н. В. Урожайність та посівні якості насіння сої залежно від підживлення. Вплив змін клімату на онтогенез рослин: Міжнародна науково-практична конференція, м. Миколаїв, Миколаївський національний аграрний університет, 3–5 жовтня 2018 року: тези доповіді. Миколаїв, 2018. С. 101–103.
- 40.Гарбар Л. А., Новицька Н. В. Якість насіння ріпаку ярого залежно від місця формування на рослині. Біоресурси і природокористування. 2012. Т. 5, № 3–4. С. 67-71.
- 41.Гаркавенко Ю. Олійний прогноз. Агробізнес сьогодні. 2016. № 10 (209).URL:<http://www.agrobusiness.com.ua/component/content/article/428.html?ed=39/>
- 42.Гизбуллин Н. Г., Мацебера А. Г. Проблемы повышения качества семян. Сахарная свекла. 1986. № 6. С. 41–43.
- 43.Гимадиев А.М. Травмирование семян. Агро-Информ. 2010. № 6. с. 18.

44. Глуховский В. С., Поливяный В. Л., Опышко А. А. Подготовка семян сахарной свеклы к посеву. Резервы повышения урожайности и улучшения качества сахарной свеклы. К. 1964. С. 97–100.
45. Голік В.С. Здобутки у селекції пшениці ярої. Вісник аграрної науки. 2000. № 12. С. 20–21.
46. Головатюк Є. О., Ситар О. В., Таран Н. Ю., Новицька Н. В. Агроекологічні заходи вирощування рослин сої в умовах Київського Полісся. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2008. № 129. С. 99–103.
47. Горелова Е.И. Основы хранения зерна. М: Агропромиздат, 1986. 136 с. 7.
48. Грабар І. Г., Дерев'янка Д. А., Герук С. М. Вплив вологості зерна при збиранні та післязбиральній очистці зернового вороху озимого жита на його травмування і насіннєві якості. Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. 2010. Вип. 5. С. 60–62.
49. Грабар І. Г., Дерев'янка Д. А., Герук С. М. Вплив обмолоту на посівні якості зерна пшениці, жита та інших зернових. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержав. міжвід. наук.-техн. зб. 2010. Вип. 40. Ч. 1. С. 6–9.
50. Грабар І. Г., Дерев'янка Д. А., Герук С. М. Вплив чинників післязбиральної обробки зерна на якість насіннєвого матеріалу. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержав. міжвід. наук.-техн. зб. 2010. Вип. 40. Ч. 1. С. 3–5.
51. Грабар І. Г., Дерев'янка Д. А., Герук С. М. насіння – початок і основа агротехнології. Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. 2010. Вип. 4. С. 42–44.
52. Григоренко С. Ринок насіння : чи існує організаційна культура на ринку? Можливості впливу на неї. LandLord. 11.01.2018. URL:

- <https://landlord.ua/news/rinok-nasinnya-organizatsiyna-kultura-na-rinku-isnuye-chi-ni-i-chi-mozhemo-mi-na-neyi-vplivati/>
53. Григоренко С. Україна отримала можливість експортувати власне насіння до ЄС. SuperAgronom. 16.11.2020. URL: <https://superagronom.com/news/11984-ukrayina-otrimala-mojlivist-eksportuvati-vlasne-nasinnya-do-yes>
 54. Григоренко С. Усі тонкощі експорту українського насіння до ЄС. AgroPortal. 12.03.2018. URL: <http://agroportal.ua/ua/views/blogs/vse-tonkosti-ukrainskogo-eksporta-semyan-v-es/>
 55. Григоренко С. ЄС на політичному рівні блокує експорт насіння з України. SuperAgronom.com. 17.12.2019. URL: <https://superagronom.com/news/9127-yes-na-politichnomu-rivni-blokuye-eksport-nasinnya-z-ukrayini--dumka>
 56. Григоровська М. Прислухайтесь до дихання насіння . Сільські новини, П'ятниця, 21 вересня 2012.: <http://silskinovyny.com/gospodar/item/1416-prisluhaytes-do-dihannya-nasinnya.html?tmpl=component&print=1> (14:58 / 31.05.2017 г.)
 57. Гриник І. Попередник та рівні живлення ярої пшениці в умовах Полісся. Пропозиція. 2001. № 5. С.36-37.
 58. Гриценко В.В., Калошина З.М. Семеноведение полевых культур. 3-е изд., перераб. и доп. М: Колос, 1984. 272 с.
 59. Гриценко В.В., Калошина З.М. Семеноведение полевых культур. М.:Колос, 1976. 255 с.
 60. Гузь М., Сиволапов В., Маятіна Н., Марченко В. Чинники, що визначають тривалість зберігання зерна. Agroexpert. 24.04.2020. URL: <https://agroexpert.ua/chynnyky-shcho-vyznachaiut-tryvalist-zberihannia-zerna/>
 61. Діхтяр В. Від насінини до зернини. Агроперспектива. 2007. № 1. С. 52–55.

- 62.Добротворцева А. В. Предпосевная подготовка семян. Агротехника сахарной свеклы на семена. М.: Агропромиздат, 1986. С. 33–38.
- 63.Доронін В. А. Категорії насіння та продуктивність буряків цукрових. Качество сахарной свеклы урожая 2007 года. Пути обеспечения эффективной переработки свеклы, повышения качества готовой продукции: науч-техн. семинар. К.: ИПЦ АЛКОН. 2007. С. –39–44.
- 64.Доронін В. А., Карпук Л. М. Якість насіння – один з головних чинників високої продуктивності буряків. Цукробурякове виробництво в умовах реформування національної економіки: міжнар. наук.-техн. конф. цукровиків України., 20–21 березня 2012 р. К.: НАЦУ і НУХТ, 2012. С. 113–116.
- 65.Доронин В. А., Карпук Л. М. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от качества семян. Сахар. 2012. № 5. С. 59–62.
- 66.Дашевский В. И., Закладний Г. А. Хранение семян и зерна. М.:Колос, 1978. 472 с.
- 67.Дерев'янка Д. А. Визначення оптимальної вологості зерна під час обмолоту та післязбиральної підготовки насіння . Техніка і технології АПК. 2010. № 12. С. 24–25.
- 68.Дерев'янка Д. А. Вплив вологості зерна на його травмування і насіннєві якості під час обмолоту та післязбирального дороблення зернового вороху озимої пшениці. Техніка та технології АПК. 2012. № 1. С. 24–26.
- 69.Дерев'янка Д. А. Вплив вологості зерна при обмолоті та післязбиральній доробці зернового вороху озимої пшениці на її травмування і насіннєві якості. Зб. наук. пр. КНТУ. 2011. Вип. 24. С. 181–184.
- 70.Дерев'янка Д. А. Вплив технічних засобів та технологічних процесів на травмування і якість насіння : монографія. Житомир, 2015. 772 с.
- 71.Дерев'янка Д. А. Вплив травмування і мікроорганізмів на якісні показники зерна і насіння озимої пшениці при збиранні,

- післязбиральному обробітку та посіві. Вісн. ХНТУСГ ім. Петра Василенка. 2011. Вип. 107. С. 247–250.
72. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування і пошкодження мікроорганізмів на якісні показники зерна озимого жита. Техніка і технології АПК. 2011. № 3. С. 28–32.
73. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування і пошкоджень мікроорганізмами жита озимого при збиранні, післязбиральній обробці та посіві. Вісник аграрної науки. 2011. № 10. С. 45–48.
74. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування на міцність насіння зернових культур. Зб. наук. пр. КНТУ. 2014. Вип. 44. С. 7–12.
75. Дерев'янка Д. А. Вплив травмувань та мікроорганізмів на якість зерна і насіння від збирання до посіву. Наук. вісник НУБіПУ. 2011. Вип. 166. С. 72–78.
76. Дерев'янка Д. А. Дослідження показників якості насіннєвого матеріалу озимої пшениці під час збирання, післязбирального обробітку і посіву. Техніка і технології АПК. 2011. № 6. С. 34–36.
77. Дерев'янка Д. А. Дослідження травмування насіння робочими елементами протруювача при проходженні технологічного процесу. Зб. наук. пр. КНТУ. 2016. Вип. 29. С. 18–24.
78. Дерев'янка Д. А. Залежність якісних показників насіння озимої пшениці. Техніка і технології АПК. 2011. № 4. С. 16–19.
79. Дерев'янка Д. А. Травмування зерна внаслідок дії внутрішніх і зовнішніх чинників на якість насіння і зернофуражу. Зб. наук. пр. КНТУ. 2011. Вип. 24. С. 184–187.
80. Дерев'янка Д. А. Травмування та якість насіння на різних стадіях технологічних процесів. Інженерія природокористування. 2014. № 1. С. 114–123.
81. Дерев'янка Д. А. Шляхи покращення якісних показників зерною Зб. наук. ст. Луцький нац. техн. ун-т. 2011. Вип. 21. С. 117–122.

- 82.Дерев'янка Д. А., Тарасенко О. П., Оробінський В. І. Вплив травмування на якість насіння зернових культур : монографія. Житомир, 2012. 439 С.
- 83.Дерев'янка Д.А., Сукманюк О. М., Дерев'янка О. Д. Травмування зернівок та режими підсушування при підготовленні насіння . Подільський вісник : сільське господарство, техніка, економіка. 2017. Вип. 27. С.121–129
- 84.Джемесюк О. В., Новицька Н. В. Вплив підживлення на врожайність та посівні якості насіння сої. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 15-річчю створення Українського інституту експертизи сортів рослин, м. Київ, 07 червня 2017 року: тези доповідей. Вінниця, 2017. С. 187–189.
- 85.Дмитрівська А.О. Вплив різноякісності насіння на продуктивність рослин соняшнику в умовах північно-східного Лісостепу України: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.14 – насінництво. Харків, 2007. 20 с.
- 86.Доктор Н. М., Новицкая Н. В. Интенсивность дыхания семян в зависимости от травмирования. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 7 (153). С. 78–82.
- 87.Доктор Н. М., Новицька Н. В. Матрикальна різноякісність насіння пшениці ярої. Сучасні агротехнології: тенденції та інновації: Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Вінниця, Вінницький національний аграрний університет, 17–18 листопада 2015 року: тези доповіді. Вінниця, 2015. С.
- 88.Доктор Н. М., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Вплив допосівної обробки на схожість травмованого насіння зернобобових культур. Органічне агровиробництво: освіта і наука: Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Київ, 1 листопада 2018 року: тези доповіді. К., 2018. С.

- 89.Дубовик Д.Ю. Залежність періоду післязбирального дозрівання зерна пшениці озимої від строків сівби та попередників. Вісник Сумського НАУ. Серія Біологія і агрономія. 2015. Вип. 9 (30). С. 167-170.
- 90.Дубовик Д.Ю. Ефективність застосування біодобрив при протруюванні насіння пшениці м'якої озимої. Вісник аграрної науки. 2017. №5. С. 60–62
- 91.Дубовик Д.Ю. Оцінка сортів пшениці м'якої озимої за тривалістю періоду післязбирального дозрівання зерна. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2015. Вип. № 87. Ч. 1 (Агрономія). С. 119-125
- 92.Дубовик Д.Ю., Каленська С.М. Продуктивність пшениці м'якої озимої за сумісної обробки насіння протруйником та біодобривами. Миронівський вісник Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН. 2018. Вип. 4 С. 211-225.
- 93.Емельянова Н.А. Жизнеспособность семян. М.: Колос, 1978. 415 с.
- 94.
- 95.Жарінов В.І., Судін В.М., Мунтян С.В. Вивчення матрикальної різноякісності рису. Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць. 2001. Вип. 19. С. 23–26.
- 96.Животков Л. О., Рижук О.М., Кавунець В.П. Виробництво насіння озимої пшениці в Лісостепу України (рекомендації). К., 2001. 38 с.
- 97.Емельянова Н.А. Жизнеспособность семян. М.: Колос, 1978. 415 с.
- 98.Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинёв : Штиинца, 1988. 767 с.
- 99.Задорожна О. А., Шиянова Т. П., Вакуленко С. М. Стан життєздатності насіння зразків генофонду кукурудзи після тривалого зберігання. Генетичні ресурси рослин. 2013. № 13. С. 85–96.
100. Задорожна О.А., Герасимов М.В., Шиянова Т.П. Зміна якості зерна під час зберігання. 2016. Вип. 24. Ч. 1. Сільськогосподарські науки. С. 78-86.

101. Запорожан К. В., Новицька Н. В., Мартинов О. М., Бровкін В. В., Підвищення посівних якостей травмованого насіння пшениці м'якої озимої. Миронівський вісник. 2018. Вип. 7. С. 8–14.
102. Захарчук О. В Україні імпорт насіння майже в 34 рази перевищує експорт. УНІАН. 11.02.2020. URL: <https://www.unian.ua/economics/agro/10867025-v-ukrajini-import-nasinnya-mayzhe-v-34-razi-perevishchuye-eksport.html>
103. Захарчук О. В., Ткачик С. О., Завальнюк О. І. Становлення насіннєвого ринку в Україні, інноваційний шлях розвитку. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 7 червня 2019 р.). Вінниця, 2019. С. 239–241.
104. Захарчук О. Вітчизняний експорт насіння існує лише за рахунок гібридної кукурудзи. АгроЮг. Агроновости Украины. 26.06.2018. URL: <http://agro-yug.com.ua/archives/12507>
105. Захарчук О. Ринок насіння України у 2018 році. Інфоіндустрія. 16.01.2019. URL: <https://infoindustria.com.ua/rinok-nasinnya-ukrayini-u-2018-rotsi/>
106. Захарчук О. У вітчизняному насінництві відбулась іноземна експансія. AgroReview. 24.03.2021. <https://agoreview.com/content/u-vitchyznyanomu-nasinnnyctvi-vidbulas-inozemna-ekspansiya>
107. Захарчук О. Україна збільшила експорт насіння у 2019 році на 15,5 %. Agravery. 07.02.2020. <https://agravery.com/uk/posts/show/ukraina-zbilsila-eksport-nasinna-u-2019-roci-na-155>
108. Зенин Л. С. Повысит качество семян (воздействие качества калиброванных семян на продуктивность свеклы при посеве на конечную густоту). Сахарная свекла. 2006. № 2 С.14–17.
109. Золотарёв С.В., Кобозев И.В., Кобозева Т.П. и др. Оценка качества семян разных сортов сои северного экотипа с целью их

- рационального использования. Вестник Алтайского ГАУ. 2012. № 1 (87). С. 8–14.
110. Ивашков В. Г., Тлишев А. И. Сортирование семян по массе. Сахарная свекла. 1997. № 1. С. 20–21.
 111. Їжик Н.К. Полевая всхожесть семян. К. : Урожай, 1976. 200 с.
 112. Ібатуллін І. І., Вещицький В. А., Отченашко В. В. Використання селену в рослинництві та тваринництві (аналітичний огляд). К.: Фенікс, 2004. 208 с.
 113. Їжик М. К. Сільськогосподарське насіннєзнавство: Реалізація потенційних можливостей насіння . Харків, 2001. Ч. 2. 117 с.
 114. Їжик М. К. Сільськогосподарське насіннєзнавство. Харків, 2000. Ч. 1. 103 с.
 115. Їжик М. К., Скоромний С. В., Зінченко Б. М. Розробка та вивчення екологічно безпечних способів передпосівної обробки насіння . Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, овочівництво». 2006. № 4. С. 45–51.
 116. Ішлер С.Ю., Новицька Н.В. Наноперспективи України. Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Свременные направления теоретических и прикладных исследований '2011» с 15 по 28 марта 2011 г. URL: www.sworld.com.ua.
 117. Кавунець В.П. Вплив якості насіння озимої пшениці на урожайність та ресурсозбереження. Вчимося господарювати: Мат. наук.-практ. сем, Ч. II. К.; Чабани, 1999. С.37-38.
 118. Кавунець В.П., Маласай В.М., Стрихар А.Є. Сила росту насіння . Насінництво: Науково-виробничий журнал. 2005. № 2. С. 5–6
 119. Кадычegov А.Н, Бородыня А.Н. Влияние климатических условий и генотипических различий на изменчивость урожайности и посевных качеств семян ярового ячменя в степной зоне Республики Хакасия.

Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2001. № 3 (77). С. 13-17.

120. Каленська С., Новицька Н. Вплив нанометалів на виживання та врожайність сої. Роль науки у підвищення технологічного рівня і ефективності АПК України: IV Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю. м. Тернопіль, 15-16 травня 2014 року: тези доповіді. Тернопіль, 2014. С. 77–80.
121. Каленська С. М., Гончар Л. М., Гарбар Л.А., Новицька Н. В., Мазуренко Б. О., Сонько Р. В., Коваленко Р. В., Красюк І. О. Спосіб підвищення продуктивності пшениці озимої із застосуванням рідкого комплексного нанодобрива. Патент № 142696.25.06.2020
122. Каленська С. М., Єременко О. А., Новицька Н. В., Степаненко Ю., Столярчук Т., Таран В., Риженко А. Довговічність насіння олійних культур. Вісник аграрної науки. 2017. Вип. 12. С. 63–70.
123. Каленська С. М., Лопатько К. Г., Н. В. Новицька, Д. В. Андрієць, С. Ю.Ішлер. Ефективність застосування біогенних металів та біоактивних препаратів при вирощуванні сої. Наукові доповіді Наукового вісника НУБіП. 2011. № 5 (27). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_5/titul.html.
124. Каленська С. М., Максін В. І., Мельниченко В. М., Гарбар Л. А., Новицька Н. В., Каленський В. П. Спосіб підвищення посівної якості насіння зернобобових культур. 142708.25.06.2020.
125. Каленська С. М., Нідзельський В. А., Новицька Н.В., Юник А. В. та ін. Наукове обґрунтування технологій виробництва продукції зернобобових культур (Науково-практичні рекомендації затверджені департаментом землеробства Міністерства аграрної політики та продовольства України (протокол № 4 від 4 грудня 2014 року). К.: «ЦП «КОМПРИНГ», 2014. 48 с.

126. Каленська С. М., Новицька Н. В. та ін. Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур. Підручник. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2013. 512 с.
127. Каленська С. М., Новицька Н. В. Травмування насіння польових культур (монографія). К.: ЦК «Компринт», 2016. 246 с.
128. Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Вплив погодних умов та застосування біогенних металів для поліпшення посівних якостей насіння нуту. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія». 2012. Вип. 176. С. 12–17.
129. Каленська С. М., Новицька Н. В., Гарбар Л.А. Альтернативні способи передпосівної обробки насіння сої. Агробіологія. 2009. Вип. 1 (64). С. 148–152.
130. Каленська С. М., Новицька Н. В., Гончар Л. М., Антал Т. В. Теоретичні та практичні засади виробництва, прогнозування та визначення якості насіння відповідно до міжнародних стандартів. Насінництво: теорія і практика прогнозування продуктивності сортів і гібридів за якістю насіння та садивного матеріалу: Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Сільськогосподарські науки. Сімферополь, 2009. Вип. 127. С. 228-233.
131. Каленська С. М., Новицька Н. В., Жемойда В. Л., Качура Є. В. та ін. Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 318 с.
132. Каленська С. М., Новицька Н. В., Максін В. І., Каплуненко В. Г., Карпенко Л. Д., Мартинов О. М. Вплив мікродобрив та імуномодельюючих препаратів на лабораторну схожість насіння . Науковий вісник НУБіП України. 2018. Вип. 294. С. 9–16.

133. Каленська С. М., Новицька Н. В., Максін В. І., Каплуненко В. Г., Карпенко Л. Д., Доктор Н. М. Посівні якості насіння зернобобових культур за впливу наночасток металів, мікродобрив та імуномодуляторів. Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2018. Вип. 70. С. 17–21.
134. Каленська С. М., Новицька Н. В., Рожко В. І., Малинка Л. В., Барзо І. Т. Поліпшення посівних якостей насіння нуту за допомогою наночастинок біогенних металів. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2014. Вип. 85. С. 79–84.
135. Каленська С. М., Новицька Н. В., Черниш П. Г. Спосіб визначення густини зерна пшениці. Патент № 101358. 10.09.2015, Бюлетень № 17.
136. Каленська С. М., Новицька Н. В., Юник А. В. та ін. Технології вирощування малопоширених перспективних культур комплексного використання (Науково-практичні рекомендації щодо комплексу технологічних заходів). К.: «ЦП «КОМПРИНГ», 2017. 80 с.
137. Каленська С. М., Холодченко Р. М., Новицька Н. В., Гончар Л. М., Каленський В.П., Черній В. П., Шутий О. І. Діагностування макро- та мікростадій росту та розвитку зернових культур (науково–практичні рекомендації). К.: «ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 43 с.
138. Каленська С., Рахметов Д., Каленський В., Юник А., Качура Є., Новицька Н., Макаревічіне В., Сенджікене Е. Енергетичні рослинні ресурси. Kaunas, 2010. 93 с.
139. Каленська С.М. Новицька Н.В., Стрихар А.Є. Вплив травмування на посівні якості насіння та врожайність рослин сої. Насінництво. 2010. № 9. С. 8–12.
140. Каленська С.М. Світові тенденції в розвитку насінництва. Сучасний стан та перспективи розвитку насінництва в Україні: Наукові праці Південного філіалу «Кримський агротехнологічний

- університет» Національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки. 2008. Вип. 107. С. 26–32.
141. Каленська С.М., Гарбар Л.А., Гончар Л. М., Новицька Н. В., Мельниченко В. В., Клімук Ю. Г. Спосіб підвищення продуктивності сої за підживлення багатокomпонентним комплексом нанохелатних мікродобрив. Патент № 142697. 25.06.2020.
 142. Каленська С.М., Журавльова Н.В., Літошенко М.Ф., Юник А.В. Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння . Методичні рекомендації. К. : 2005. 56 с.
 143. Каленська С.М., Лопатько К.Г., Новицька Н.В., Андрієць Д.В., Ішлер С.Ю. Ефективність застосування біогенних металів та біоактивних препаратів при вирощуванні сої. Наукові доповіді НУБіП. 2011. № 5 (27). С. 1–11. - http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_5/11ksm.pdf
 144. Каленська С.М., Новицька Н. В. Ефективність нанопрепаратів в технології вирощування сої. Plant and soil science. 2020. Vol. 11. № 3. С. 7-22.
 145. Каленська С.М., Новицька Н. В., Каленський В.П., Піскуровський С.Л. Ефективність застосування нанометалів в технології вирощування сої. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Корми і кормовиробництво» Вінницького інституту кормів. 2013. Вип. 77. С. 143–148.
 146. Каленська С.М., Новицька Н. В., Качура Є.В., Коваленко Р.В. Світовий ринок насіння та інтеграція України в нього. Насінництво: теорія і практика прогнозування продуктивності сортів і гібридів за якістю насіння та садивного матеріалу: Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічних університет». Сільськогосподарські науки. 2009. Вип. 127. С. 30–35.

147. Каленська С.М., Новицька Н.В. Нанотехнології – виклики та перспективи для рослинництва. Вплив змін клімату на онтогенез рослин: міжнародна науково-практична конференція, м. Миколаїв, 3-5 жовтня 2018 року: матеріали доповідей. Миколаїв, 2018. С.212-213.
148. Каленська С.М., Новицька Н.В., Гарбар Л.А. Альтернативні способи передпосівної обробки насіння сої. Агробіологія: Збірник наукових праць. 2009. Вип. 1 (64). С. 158.
149. Каленська С.М., Новицька Н.В., Жемойда В.Л., Качура Є.В. та ін. Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: Навчальний посібник. Вінниця. 2011. 300 с.
150. Каленська С.М., Новицька Н.В., Мельниченко В.В., Гарбар Л.А., Сонько Р.В., Каленський В.П., Антал Т.В., Шутий О.І. Технологія покращення посівних властивостей насіння за застосування нанодобрив (Науково–практичні рекомендації). К.: НУБІП України, 2019. 33 с.
151. Каленська С.М., Новицька Н.В., Стихар А.Є., Малеончук О.В. Управління процесами формування високоякісного насіння сільськогосподарських культур. Науковий вісник НАУ, 2008. Вип. 123. С. 13-21.
152. Каленська С.М., Новицька Н.В., Стрихар А.Є. Травмованість насіння : методи визначення та шляхи запобігання. Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків «Методика, механізація, автоматизація та комп'ютеризація досліджень у землеробстві, рослинництві, садівництві та овочівництві». 2007. С. 179–188.
153. Каленська С.М., Новицька Н.В., Стрихар А.Є. Удосконалена технологія виробництва високоякісного насіння сої в умовах Лісостепу України. [«Вчені НАУ – виробництву»] : Науковий бюлетень завершених наукових розробок НАУ. 2007. № 3 (5). С.14.

154. Каленська С.М., Новицька Н.В., Стрихар А.Є., Танцюра С.Ю. Сортова сертифікація насіння в Україні. Насінництво. 2010. № 3. С. 14–18.
155. Каленська С.М., Присяжнюк О.І., Половинчук О.Ю., Новицька Н.В. Порівняльна характеристика шкал росту й розвитку зернових культур. Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т 4. № 4. С. 406–414. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151906>
156. Калошина З.М. О повреждении покровов семян пшеницы и ржи и влияние их на всхожесть. Биология и технология семян. Харьков, 1974. С. 165–68.
157. Карпов Б.А. Уборка, обработка и хранение семян. М.: Россельхозиздат, 1974. 205 с.
158. Кернасюк Ю. Ринок сої: розвиток, тенденції і прогнози. Агробізнес сьогодні. П'ятниця, 03 листопада 2017. URL: <http://agrobusiness.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/8978-rynok-soi-rozvytok-tendentsii-i-prohnozy.html>
159. Кизилова Е.Г. Разнокачественность семян и её агрономическое значение. К.: Урожай, 1974. 216 с.
160. Киндрук Н.А., Сечняк Л.К., Слюсаренко О.К. Экологические основы семеноводства и прогнозирование урожайных качеств семян озимой пшеницы . К.: Урожай, 1990. 184 с.
161. Кирпа М. Я., Базілева Ю. С., Бондарь Л. М. Травмування насіння гібридів кукурудзи та методи його визначення. Селекція і насінництво. 2016. Вип. 109. С.139–145.
162. Кирпа, М. Я. Ю. С. Базілева Якість і травмованість насіння гібридів кукурудзи. Селекція і насінництво. 2012. Вип. 101. С. 230–238.
163. Кіндрук М.О. Насінництво й насіннезнавство зернових культур. К.: Аграрна наука, 2003. 240 с.

164. Кліценко Г.Г. Морфологічні аспекти гетероспермії сої і її використання при доборі насіння : Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.14 – насінництво. Сімферополь, 2008. 18 с.
165. Ковальчук Т. Українське сіяти вигідно. Агробізнес сьогодні. Понеділок, 08 лютого 2016 14:03. URL: [agro-business.com.ua > agro > item > 624-ukrainske-siiaty-vyhidno](http://agro-business.com.ua/agro/item/624-ukrainske-siiaty-vyhidno)
166. Коварский А. Е. Кукуруза, как объект селекции в условиях Молдавии. Методы селекции и семеноводства кукурузы в Молдавии. М.: Кишинёв, 1970. 176 с.
167. Кожухар Т. Глобальний та український ринок насіння : обсяги та тренди. Agravery. 03.01.2019. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/globalnij-ta-ukrainskij-rinok-nasinna-obsagi-ta-trendi>
168. Коляда В. Джерела стабілізації та підвищення врожайності сої в Україні. Агроном. 2011. № 1. С. 144–149.
169. Кононков П. Ф., Губкин В. Н. Повышение полевой всхожести семян овощных культур. М. : Россельхозиздат, 1986. 85 с.
170. Костенко К.Н. Особенности определения лабораторной всхожести свежесобранных семян пшеницы. Селекция и семеноводство: Респ. межвед. науч. Сб. 1984. № 11. С. 44-45.
171. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ : Логос, 2009. 182 с.
172. Кравченко Ю. А. Посівні якості та продуктивні властивості насіння буряків цукрових залежно від його питомої маси: дис. канд. с.–г. наук: 06.01.05. К., 2010. 179 с.
173. Кравченко Ю. А. Посівні якості та продуктивні властивості насіння буряків цукрових залежно від його питомої маси: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.–г. наук: 06.01.05 «Селекція і насінництво» К., 2010. 20 с.

174. Кретович В.Л. Физиолого-биохимические основы хранения зерна. М. : Изд-во АН СССР. 1945. 135 с.
175. Кривобочек В.Г., Вельмисева Л.Е. Точная адаптивная сортовая агротехника – резерв увеличения производства зерна. Достижения науки и техники АПК. 2005. № 2. С. 15-16
176. Крокер В., Бартон А. Физиология семян. М. : Изд-во иностр. лит., 1955. 399 с.
177. Кузнецов В.В. Пути уменьшения травмирования семян при эксплуатации зерноочистительных агрегатов. Сб. Пути снижения травмирования семян с.-х. машинами и повышения их качества. Воронеж. 1983. С. 121–132.
178. Кулешов Н.Н. Агрономическое семеноведение. М. : Россельхозиздат, 1963. 304 с.
179. Куперман Ф.М. Еще раз о механических повреждениях семян. Селекция и семеноводство. 1950. № 3. С. 45—48.
180. Куперман Ф.М. Механические повреждения семян как одна из причин расхождения между лабораторной и полевой всхожестью хлебных злаков. Тр. Алтайского СХИ. 1948. Вып. 1. С. 81–95.
181. Логвинов В. А., Волгин В. В., Шевченко А. Г. и др. Влияние крупности семян на их посевные качества и продуктивность. Сахарная свекла. 2006. № 9. С. 22–26.
182. Ламан Н. А., Янушкевич Б. Н., Хмурец К. И. Потенциал продуктивности хлебных злаков: технологические аспекты реализации. Минск : Наука и техника, 1987. 224 с.
183. Ларионов Ю.С., Горбунова М.П., Юсова О.А., Ларионова О.А. Семена как основа реализации продуктивности. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2009. № 3 (16). С. 89-91.
184. Леурда И.Г. Бельских Л.В. Определение качества семян. М.: Колос, 1974. 100 с.

185. Лещук Н. В., Рудник О. І. Існуюча система сортовипробування та ідентифікація сортів сільськогосподарських культур. Наук. вісник Нац. аграрного ун-ту. 2002. Вип. 57. С. 143-146.
186. Лихачёв Б.С. Некоторые методические вопросы изучения биологии старения семян. Сельскохозяйственная биология. 1980. Т. XV, №6. С. 842–844.
187. Лихочвор В. В. Рослинництво: Технології вирощування сільськогосподарських культур : Навчальний посібник для вузів. К.: Центр навч. літератури, 2004. 809 С.
188. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво: сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур : навч. посіб. Л.: Українські технології, 2006. 730 С.
189. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво: навч. посіб. Л. : Українські технології, 2008. 623 С.
190. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук О. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: 120 культу: навч. посіб. Л.: Українські технології, 2010. 1085 С.
191. Лихочвор В.В. Структура врожаю озимої пшениці: Монографія. Львів: Українські технології, 1999. 200 С.
192. Макрушин М. М. Насіннєзнавство польових культур. К.: Урожай, 1994. 208 С.
193. Макрушин М.М., Макрушина Є.М., Петерсон Н.В., Мельников М.М. Фізіологія рослин: підручник. Вінниця: НОВА КНИГА, 2006. 416 с.
194. Макрушин Н. М. Основы гетеросперматологии. М.: Агропромиздат, 1989. 288 С.
195. Малых Н., Заулаков Е. Повышение качества зерна – основа эффективного развития его рынка и зернового хозяйства. Международный сельскохозяйственный журнал. 2011. №1. с. 47–48.

196. Манжос Д.М. Насіннєзнавство пшениці. К. : Урожай, 1971. 171 с.
197. Маркес Р. Полевая всхожесть и густота насаждения. Сахарная свекла. 1997. № 4. С.22–23.
198. Матюшенко П.В., Весна В.Л. Схожість і врожайні властивості насіння зернових культур. Селекція і насінництво. 1990. № 3. С. 49-51.
199. Мачнева В.В., Семина С.А. Резервы повышения урожайности и качества зерна яровой пшеницы. Достижения науки и техники АПК. 2005. № 8. С.30-31.
200. Мельник А. В., Романько Ю. О., Жердецька С. В. Стан та перспективи вирощування олійних культур в Лівобережному Лісостепу України за умов зміни клімату: Збірник тез міжнар. наук. інтернет-конф., (м. Запоріжжя, 30 жовтня 2015 р.). Запоріжжя : Інститут олійних культур, 2015. С. 107–108.
201. Мельник А.В. Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Суми: Університетська книга, 2007. 229 С.
202. Михайлов Є.В. Причини травмування насіння зернових культур та шляхи його зменшення. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції за результатами досліджень 2016 року. С. 67–68.
203. Михайлов Є.В., Кольцов М.П. травмування насіння зернових культур в процесі післязбиральної обробки та шляхи його зменшення. Праці ТДАТУ. 2013. Т.3. С Вип.13. 169–145.
204. Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І., Власенко В. А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин. Підручник. К.: Вища освіта, 2006. 463 с.
205. насіння сільськогосподарських культур: Методи визначення якості : ДСТУ 4138-2002. [Чинний від 2004-01-01]. К.: Держстандарт України, 2003. 173 с. (Національні стандарти України).

206. насіння сільськогосподарських культур: Сортові та посівні якості: ДСТУ 2240-93. [Чинний від 1994-07-01]. К. : Держстандарт України, 1994. 74 с. (Національні стандарти України).
207. насіння сільськогосподарських культур: Терміни та визначення: ДСТУ 2949-94. [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. 49 с. (Національні стандарти України).
208. Никитенко Г.Ф. Биология семян и семеноводство. М.: Колос, 1976. 463 с.
209. Никитчин Д.И. Масличные культуры. ВПК Запоріжжя, 1996. 255 с.
210. Николаева М.Г., Обручева Н. В. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян. М.: Колос, 1982. 495 с.
211. Новицкая Н. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность ярового рапса, накопление NPK в семенах и их посевные качества. Агрохимия и экология: история и современность: Международная научно-практическая конференция к 80-летию со дня рождения проф. Сиротина Ю. П, г. Нижний Новгород, 15-18 апреля 2008 года: тезисы докладов. Нижний Новгород, 2008. Том 1. С. 191–195.
212. Новицкая Н. В. Качество семян – залог успеха. Материалы международной научно-практической интернет-конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований, 2009», (www.sworld.com.ua, 19-26 марта 2009 г.)
213. Новицкая Н. В., Андриец Д. В., Стрыхар А. Е. Оптимизация нитрогеназной активности клубеньков сои на чернозёмах типичных Лесостепи Украины. Перспективные технологии возделывания масличных, зернобобовых культур и регулирование плодородия почвы: Международная научно-практическая конференция, г. Алматы, Казахский национальный аграрный университет, 13–15 июня 2013 года: тезисы докладов. Алматы, 2013. С.

214. Новицкая Н. В., Мартынов А. Н. Снижение негативных последствий повреждения семян сои. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (126). С. 33–38.
215. Новицкая Н.В. К вопросу о травмировании семян. Материалы международной научно-практической интернет-конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития, 2008», (www.sworld.com.ua, 1-15 октября 2008 г.), 2008
216. Новицька Н. В. Використання нанотехнологій в сільському господарстві. Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку: V Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів, м. Кіровоград, 26-27 квітня 2009 року: тези доповіді. Кіровоград, 2009. С. 67–71.
217. Новицька Н. В. Врожайність та посівні якості насіння пшениці ярої залежно від азотних добрив. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». 2008. Вип. 1. С. 85-90.
218. Новицька Н. В. Модифікаційний вплив на якість та довговічність насіння польових культур. Plant and soil science. 2019. Vol. 11, № 3. С. 12-19. <https://doi.org10.31548/agr2019.03.012>
219. Новицька Н. В. Посівні якості насіння нуту при зберіганні ex-situ. Наукові горизонти (Науковий вісник ЖНАЕУ). 2019. № 2 (75). С. 39–43.
220. Новицька Н. В. Структура врожаю рослин сої під впливом нанометалів на чорноземах типових. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2012. Вип. 14. С. 390–394.
221. Новицька Н. В. Травмування насіння як чинник зниження врожайності сільськогосподарських культу. Науковий вісник НАУ. 2008. Вип. 123. С. 58–68.

222. Новицька Н. В. Шляхи зниження негативних наслідків травмування насіння . Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія». 2012. Вип. 176. С.40–45.
223. Новицька Н. В., Гарбар Л. А. Мінливість насіння ріпаку ярого в межах материнської рослини. Матеріали п'ятої всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції [«Інтернет-ресурс української науки»], (Київ, 12-14 липня 2010). К., 2010. Ч. 2. С. 33-36.
224. Новицька Н. В., Каленська С. М, Присяжнюк О. І, Мельниченко В. В. Активация росту та розвитку буряків цукрових на мікростадіях 00-09 за внесення добрив з нанорозмірними елементами. Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Vol. 15. № 4. 403–409. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.189419>
225. Новицька Н. В., Радзевелюк Т. Вплив добрив та способу збирання на посівні якості насіння сої. Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: IV Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, с. Центральне, 21 квітня 2016 року: тези доповідей. Вінниця, 2016. С. 21–22.
226. Новицька Н. В., Степаненко Ю. Вплив умова зберігання на якість насіння польових культур. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 15-річчю створення Українського інституту експертизи сортів рослин, м. Київ, 07 червня 2017 року: тези доповідей. Вінниця, 2017. С. 157–158.
227. Новицька Н. Інтенсивність дихання насіння сої залежно від травмування. Перспективи і напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва: IV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених. м. Тернопіль, 18-19 вересня 2014 року: тези доповіді. Тернопіль, 2014. С. 76–79.

228. Новицька Н., Степаненко Ю. Якість насіння польових культур залежно від температурного режиму зберігання. Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва: Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція. м. Тернопіль, 16-17 жовтня 2014 року: тези доповіді. Тернопіль, 2014. URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_10_16_17/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/4-2-2
229. Новохацький М.Л. Матрикальна різноякісність насіння та урожайність зерна сої в умовах дослідного поля Білоцерківського НАУ. Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і докторантів. 19–20 травня 2011 р. Біла Церква, 2011. С. 11.
230. Ночвіна О. В., Мізерна Н. А., Носуля А. М. Аналіз Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні 2019 року. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку : матеріали V міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 7 червня 2019 р.). Вінниця, 2019. С. 162–163.
231. Овчаров К.Е. Физиологические основы всхожести семян. М. : Колос, 1969. 280 с.
232. Овчаров К.Е. Физиология формирования и прорастания семян. М.: "Колос", 1976. 256 с.
233. Овчаров К.Е., Е.Г. Кизилова Разнокачественность семян и продуктивность растений. М.: Колос, 1966. 160 с.
234. Овчаров К.Е., Кошелев Ю.П. Почему семена стареют? М. : Знание, 1978. 63 с.
235. Панжиев А.П., Добродомов В.Л. Влияние инокуляции семян сои нитрагином на ее рост, развитие и урожайность. Технические культуры. 1992. № 1. С. 20–21.

236. Панов А.А. Механические микроповреждения семян зерновых культур при послеуборочной обработке. Вестник с. х. науки. 1982. №5. С. 66–67.
237. Пекін В. Українські соняшник та соя 2017. Fenix-Agro. URL: <https://fenix-agro.com/opinion/84>
238. Пеньчуков Е.В., Большаков Н.В., Бовкис Е.Н., Кабанов А.Д. Урожайные свойства семян зерновых культур в зависимости от условий выращивания. Селекция и семеноводство. 1993. № 2. С. 39–45.
239. Перспективи насіннєвого ринку України. Агробізнес сьогодні. 21.02.2019. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/13048-perspektyvy-nasinnievoho-rynku-ukrainy.html>
240. Петриченко В. Ф., Сич А. О., Іванюк С. В., Колісник С. І. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої. Вісник аграрної науки. 2006. № 2. С. 19-23.
241. Петриченко В., Іванюк С. Актуальні проблеми оптимізації технологій вирощування сої. Аграрний тиждень. Україна. 2010. № 9. С. 12.
242. Петриченко В., Іванюк С. Виробництво та використання сої у тваринництві. Аграрний тиждень. Україна. 2010. № 8. С. 12.
243. Пилипенко К. А. Механізми дотримання продовольчої безпеки в здійсненні діяльності аграрних підприємств. Економіка та держава. 2018. № 6. С. 80–87.
244. Пилипенко К. А. Теоретико–методологічні підходи до управління продовольчою безпекою в системі менеджменту аграрних підприємств. Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. 2018. № 2. С. 59–63.
245. Писаренко В.М., Дудка Є.Л., Кравець та ін. Причини зниження польової схожості насіння ячменю та озимої пшениці у Степу УРСР. Вісник сільськогосподарської науки. 1987. №3. С. 13-17.

246. Пискунова Л.Г. Посевные качества и урожайные свойства семян в зависимости от травмирования и условий хранения. Селекция и семеноводство. 1982. Вып. 51. С. 53–57.
247. Позняк О.В. До питання проведення експертизи на ВОС-тест та розробки гармонізованих описів нових сортів рослин. Зб-к. тез III-ої міжнар. наук. конф. молодих вчених, присвяченої 40 річниці утворення ради молодих вчених в Ін-ті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва [«Інноваційні напрямки наук. діяльності молодих вчених в галузі рослинництва»], (м. Харків, 20-22 червня 2006 р.). Харків : ІР ім. В.Я. Юр'єва. 2006. С. 67–68.
248. Попова Е.П. Микроструктура зерна и семян. М.: Колос, 1979. 224 с.
249. Попова Н.П., Кобозева С.И., Делаев У.А. и др. Разнокачественность семян сортов сои северного экотипа. Достижения науки и техники АПК. 2009. № 11. С. 32–33.
250. Про карантин рослин (зі змінами та доповненнями). – К., Верховна Рада України. 30.06.1993. N 3348-XII. (Нормативно-правові документи України. Закон). URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3348-12>
251. Про насіння та садивний матеріал (зі змінами та доповненнями). – К., Верховна Рада України. – 26.12.2002. – N 411-IV. (Нормативно-правові документи України. Закон). URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/411-15>
252. Про охорону прав на сорти рослин (зі змінами та доповненнями). К., Верховна Рада України. 21.04.1993. N 3116-XII. (Нормативно-правові документи України. Закон). URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3116-12>
253. Прохорчук І. Ринок насіння : Quo Vadis? Grow.How. 25.02.2019. URL: <https://www.growhow.in.ua/9904-2/>

254. Пыхтин И.Г., Дудкин И.В., Поветкин В.Е. Совершенствование технологий возделывания яровых культур. Земледелие. 2000. №1. С.20–21.
255. Рарок В.А., Диянчук М.В., Рарок А.В. Різноманітність насіння та продуктивність районуваних сортів гречки. Збірник наукових праць. За ред. доктора с.-г. наук, професора М.І. Бахмата. 2004. Вип. 12. С. 37–41.
256. Рарок В.А., Рарок А.В. Материнська різноманітність та її вплив на продуктивність гречки. Збірник наукових праць. 2005. Вип. 13. С. 52–55.
257. Ринок сої в Україні. Інфоіндустрія. 10.10.2018. URL: <http://infoindustria.com.ua/rinok-sortiv-soyi-v-ukrayini/>
258. Саблук В. Т., Грищенко О. М., Половинчук О. Ю. Ефективність.
259. Сафина Г.Ф., Филипенко Г.И. Долговечность семян при хранении и ее прогнозирование методом ускоренного старения. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2013. Т. 174. С. 123–130.
260. Сечняк Л.К., Слюсаренко О.К. К вопросу о вредоносности травмирования семян озимой пшеницы. Науч.-техн. бюл. ВСГИ. 1977. Вып. 28. С. 10-14.
261. Силенко О. С., Силенко С. І., Роговий О. Ю. Особливості зберігання ex-situ колекцій генетичних ресурсів рослин Устимівської дослідної станції рослинництва. Генетичні ресурси рослин. 2013. № 12. С. 104-113.
262. Силивончик А. Зернятко до зернятка. Про український ринок насіння . Бізнес. 01.11.2018. URL: <https://business.ua/business/4256-zerniatko-do-zerniatka-pro-ukrainskyi-rynok-nasinnia>
263. Синьковська С. Світовий ринок насіння : позиції України як ринку збуту та експортера. АПК-Інформ. 25.02.2020. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1508481>.

264. Ситар О. В., Новицька Н. В. Вміст біологічно активних речовин фенольної природи у насінні сої (*Glycine max* (L.) Merr.) за дії неіонних колоїдних розчинів наночасток металів. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. № 3. С. 61–67.
265. Ситар О. В., Новицька Н. В., Таран Н. Ю., Каленська С. М., Ганчурін В. В. Нанотехнології в сучасному сільському господарстві. Фізика живого. 2010. № 3. Т 18. С. 113–116.
266. Ситар О., Новицька Н., Каленська С., Светлова Н., Таран Н. Морфофізіологічні характеристики та урожайність рослин сої за дії неіонних колоїдних розчинів металів. Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Біологія. 2011. № 58. С. 44–47.
267. Сінченко В.М., Шамсутдінова А.В. Вплив позакореневого підживлення мікродобривами на стан рослин буряків цукрових. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2016. №24. С. 28-34.
268. Сінченко, В. М., Аскарів, В. Р. Вплив мікродобрив та фунгіцидів на біологічні параметри та продуктивність цукрових буряків. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2016. №9. С. 58–61.
269. Сінченко, В. М., Пиркін, В. І., Широкоступ, О. В. Біологічні особливості розвитку буряків цукрових в Україні. Цукрові буряки. 2018. № 3. С. 4–7.
270. Сінченко, В. М., Широкоступ, О. В., Пиркін, В. І. Науково-виробничий досвід отримання високих врожаїв буряків цукрових. Цукрові буряки. 2017. № 2. С. 8–10.
271. Скоромний С.В. Вплив біотичних факторів і технологічних прийомів на формування різноякісного насіння сої в умовах північно-східної частини Лісостепу України: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.14 – насінництво. Харків, 2007. 18 с.

272. Скринник І.О., Пісарькова І.О., Петренко М.М. Механічне травмування насіння . Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2018, Вип. 48. С. 143–153. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.143-153>
273. Смоликова Г.Н. Применение метода ускоренного старения для оценки устойчивости семян к стрессовым воздействиям. Вестник СПбГУ. Серия 3. Биология. 2014. № 2. С. 82–93.
274. Стандарты генных банков для генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Издание второе, исправленное и дополненное. Рим, ФАО. 2015. 180 с.
275. Стрихар А.Є. Вплив елементів технології вирощування на травмування насіння сої. Новітні технології виробництва конкурентоспроможної продукції рослинництва. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, Чабани, 29-30 листопада 2005. С.113-114.
276. Строна И.Г. Промышленное семеноводство. М.: «Колос», 1980 г. 110 с.
277. Строна И.Г. Травмирование семян и его предупреждение. М.: Колос, 1972. 159 с.
278. Строна И.Г. Общее семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1966. 464 с.
279. Строна И.Г. Разнокачественность семян полевых культур и её значение в семеноводческой практике. Биологические основы повышения качества семян. Материалы научной сессии, состоявшейся 26-30 ноября 1963 г. в Москве. М.: Наука, 1964. С. 21-25.
280. Строна И.Г., Матюшенко Л.В. Послеуборочное дозревание семян зерновых культур. Селекция и семеноводство. 1982. № 10. С. 38-39.
281. Стрыхар А.Е., Каленская, С.М. Новицкая Н.В. Значение сои в решении стратегической проблемы агросферы Украины. Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке-состояние, проблемы,

- перспективы: II Вавиловская международная конференция, г. Санкт-Петербург, ГНУ РФ ВНИИР им. Н. И. Вавилова, 26-30 ноября 2007 года: тезисы докладов. Санкт - Петербург, 2007. С. 133–134.
282. Судденко В. Ю., Каленська С. М. Влияние пестицидов на урожайность на посевные качества семян пшеницы мягкой яровой. Вестник Ульяновской государственной с.-г. академии. 2015. № 2 (30). С. 28–33.
283. Судденко В. Ю., Каленська С. М. Формування окремих елементів продуктивності пшениці м'якої ярої залежно від мінерального живлення та систем захисту. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2015. Вип. 9 (30). С. 198–201.
284. Сусський О.М., Г.Г. Кліщенко. Біологічні якості насіння сої в залежності від розташування на материнській рослині. Корми і кормовиробництво. 2001. Вип. 47. С. 37–38.
285. Тарасенко А.П., Шередыкин В.В., Тарасенко Р.А. Совершенствование предварительной обработки семенного. Науч. тр. ВИМ. 2003. Т. 148. С. 148–154.
286. Тарасенко Р.А. Снижение травмирования семян путем совершенствования процесса их послеуборочной обработки: дис. канд. техн. наук: 05.20.01. Воронежский государ. Аграрный ун-т им. К.Д.Глинки, 2006.
287. Тарасенко, А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. Воронеж, 2003. 331 с.
288. Темрієнко О. О. Вплив бактеризації та позакореневих підживлень на формування урожайності насіння сої в умовах Лісостепу правобережного. Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 7-8 червня 2018 р. Житомир: Рута, 2018. С. 160–164.

289. Томберг Т.Р. Влияние местоположения семян на их посевные и породные качества. Учёные записки Ленинградского ГУ. Серия биол. 1951. Вып. 26. № 139. С. 128-137.
290. Фадеев Л. В. Зерно. Очистка. Производство семян. Щадящие технологии Фадеева. ООО «Спецэлеватормельмаш». 2013. 96 с.
291. Фадеев Л. В. Щадящая технология подготовки семян – путь повышения урожайности. Агрохимия, агротехника, агротехнологии. 2012. № 1. с. 28-31.
292. Фадеев Л.В. Обработка семян перед посевом. Насінництво. 2011. № 6. С. 16–19
293. Фадеев Л.В. Пшеница: снизить травмирование - повысить урожайность. Насінництво. 2010, N № 10.-С.19-21
294. Фадеев Л.В. Тяжелые семена - высокий урожай. Насінництво. 2011. № 4. С. 22–24.
295. Фадеев Л.В. Тяжелые семена - высокий урожай. Насінництво. 2011. № 5. С.21-24.
296. Фирсова М.К. Жизнеспособность семян. М. : Изд-во иностр. лит., 1978. 415 с.
297. Хорошайлов Н. Г., Жукова Н. В. Длительное хранение семян мировой коллекции ВИР. Бюллетень ВИР. 1978. №77. С. 9-19. .
298. Чазов С.А. О мерах снижения травмирования семян. Селекция и семеноводство. 1964. № 4. С. 30–32.
299. Чернишенко П.В. Вплив способу сівби і норм висіву на формування насінневої продуктивності сої в потомстві. Селекція і насінництво. 2008. Вип. 95. С. 196–202.
300. Чижигов А.И. Состояние и перспективы развития механизации послеуборочной обработки и хранения зерна и семян. Достижения науки и техники АПК. 2001. № 11. С. 17–20.
301. Швиденко М. В. Мінливість посівних та врожайних якостей насіння квасолі звичайної залежно від абіотичних і технологічних

- чинників: автореф. дис. канд. с.-г. наук. 06.01.14. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Харків, 2006. 19 с.
302. Шелепова В.И., Кавунец В.П. Травмирование семян и способы его снижения. *Зерновые культуры*. 1988. № 14. С. 31–33.
 303. Шпаар Д., Банадысев С., Гриб С., Захаренко А., Крацш Г., Каленська С. и др. Посевной и посадочный материал сельскохозяйственных культур. Научно-практическое руководство по производству посевного и посадочного материала сельскохозяйственных культур [в 2 т]. Берлин, 2001. Книга 1. 310 с.
 304. Шпаар Д., Банадысев С., Гриб С., Захаренко А., Крацш Г., Каленська С. и др. Посевной и посадочный материал сельскохозяйственных культур. Научно-практическое руководство по производству посевного и посадочного материала сельскохозяйственных культур [в 2 т]. Берлин, 2001. Книга 2. 380 С.
 305. Шпаар Д., Маковики Н., Захаренко В., Постников А., Щербаков В. и др.. Рапс Мн. „ФУАинформ”. 1999. 208 с.
 306. Шпаар Д., Гинапп Х., Щербаков В. и др. Яровые масличные культуры. Мн.: ”ФУАинформ”, 1999. 288 с.
 307. Юник А.В., Новицька Н.В., Мокрієнко В.А. Посівні якості насіння ярого ріпака залежно від удобрення та строків збирання. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2006. № 4. С. 12–18.
 308. Юнусов Р. А. Послойная инкрустация семян. Сахарная свекла. 1999. № 12. С. 15–16.
 309. Яременко О. С. Врожайні властивості гібридного насіння залежно від розміру посівних фракцій і генотипу. Буряки цукрові. 2008. № 3–4. С. 22–25.
 310. Abdel-Aziz H.M.M., Hasaneen M.N.A., Omer A.M. Nano chitosan-NPK fertilizer enhances the growth and productivity of wheat plants grown in sandy soil. *Span. J. Agric. Res.* 2016. Vol. 14:17. doi: 10.5424/sjar/2016141-8205.

311. Afsharinejad A., Davy A., Jennings B., Brennan C. Performance analysis of plant monitoring nanosensor networks at THz frequencies. *IEEE Internet Things J.* 2016. Vol. 3. P. 59–69. doi: 10.1109/JIOT.2015.2463685.
312. Anderson J. J., Ambrose W. W., Gamer S. C. Orally dosed genistein from soy and prevention of cancerous bone loss in two ovariectomized rat models. *Journal of Nutrition.* 1995. Vol. 123. P. 799.
313. Anthony M., Clarkson T., Weddle D., Wolfe M. Effects of soy protein and phytoestrogens on cardiovascular risk factors in rhesus monkeys. *Journal of Nutrition.* 1995. V. 25, No 3. P. 803–804.
314. Auffan, M., Rose, J., Bottero, J. Y., Lowry, G. V., Jolivet, J. P., and Wiesner, M. R. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. *Nat. Nanotechnol.* 2009. Vol. 4, 634–641. <https://doi.org/10.1038/nnano.2009.242>
315. Aziza, A., Asgedom, H. and Becker, M. Seed Priming Enhances Germination and Seedling Growth of Barley under Conditions of P and Zn Deficiency. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.* 2004. № 167. P. 630–636. <https://doi.org/10.1002/jpln.200420425>
316. Baskin C.C., Baskin J.M. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination.* Second Edition. University of Kentucky, Lexington, Kentucky, USA, 2014. 1586 p.
317. Baskin, C. C. Breaking physical dormancy in seeds – focusing on the lens. *New Phytol.* 2003. № 158, 229–232. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00751.x>
318. Batsmanova L., Taran N., Konotop Y., Kalenska S., Novytska N. (2020). Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture.* № 21(2). P. 311–319. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.2.2414>
319. Bewley, J. D., Black, M. *Seeds: Physiology of Development and Germination.* New York, NY: Plenum Press. 1994.

320. Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. and Nonogaki, H. Seeds: Physiology of Development, Germination, and Dormancy. 3rd Edition, Springer New York Heidelberg Dordrecht London. 2013. 391 P. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
321. Bhatt, A. K., Bhalla, T. C., Agrawal, H. O., and Upadhyaya, M. D. Effect of seed size on protein and lipid contents, germination and imbibition in seeds. *Potato Res.* 1989. №32. P. 477–481. <https://doi.org/10.1007/BF02358504>
322. Bizikova L., Crawford E., Nijnik M. et al. Climate change adaptation planning in agriculture: processes, experiences and lessons learned from early adapters. *Mitig Adapt Strateg Glob Change.* 2014. № 19. P. 411–430. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9440-0>
323. Calucci L., Capocchi A., Galleschi L., Ghiringhelli S., Pinzino C., Saviozzi F., Zandomenoghi M. Antioxidants, free radicals, storage proteins, puroindolines, and proteolytic activities in bread wheat (*Triticum aestivum*) seeds during accelerated aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2004. Vol. 52. № 13. P. 4274–4281.
324. Capitani M., Mateo C.M., Nolasco S.M. Effect of temperature and storage time of wheat germ on the oil tocopherol concentration. *Brazilian Journal of Chemical Engineering.* 2011. Vol. 28. №2. P. 243–250.
325. Cassidy A., Bingham S., Setchell K. D. Biological effects of a diet of soy protein rich in isoflavones on the menstrual cycle of premenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition.* 1994. Vol. 60. P. 333–340.
326. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and A. Reisinger (ed.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 2007.
327. CNA. National Security and the Threat of Climate Change. Available at <http://security and climate. cna. Org> 2007. Verified 9 June 2011. Alexandria, VA

328. Collins N.C., Tardieu F., Tuberosa R. Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: where do we stand? *Plant Physiol.* 2008. Vol. 147. P. 469-486
329. Crisis on the Poor: What Is the Evidence? London, UK : Overseas Development Institute. Accessed July 5, 2011 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.odi.org.uk/resources/download/5187.pdf>.3.
330. Crowe, J.H. and Crowe, L.M. Membrane Integrity in an Hydrobiotic Organisms: Toward a Mechanism for Stabilizing Dry Seeds. In: Somero, G.N., Osmond, C.B. and Bolis, C.L., Eds., *Water and Life*, Springer-Verlag, Berlin. 1992. P. 87–103. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76682-4_7
331. Dang, T. V., Velusamy, V., and Park, E. Structure and chemical composition of wild soybean seed coat related to its permeability. *Pak. J. Bot.* 2014. № 46, 1847–1857.
332. Dietz K-J., Herth S. Plant nanotoxicology. *Trends Plant Sci.* 2011. № 16. P. 582–589
333. Dijk V.M., Meijerink G.W. A review of food security scenario studies: Gaps and ways forward. *The Food Puzzle: Pathways to Securing Food for All*. Wageningen UR; Wageningen, The Netherlands: 2014. pp. 30–32.
334. Dimkpa C., Bindraban P.S. Nanofertilizers: New Products for the Industry? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. Vol. 66(26) DOI: 10.1021/a
335. Dubey A., Mailapalli D.R. Nanofertilisers, nanopesticides, nanosensors of pest and nanotoxicity in agriculture. *Sustainable Agriculture Reviews*. 2016. Vol. 19. PP. 307–330.
336. Duhan, J.S., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K., Duhan, S. Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports*. 2017. Vol. 15. P. 11-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.03.002>

337. Dwivedi S., Saquib Q., Al-Khedhairi A.A., Musarrat J. Understanding the role of nanomaterials in agriculture. In: Singh D.P., Singh H.B., Prabha R., editors. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*. Springer; New Delhi, India. 2016. PP. 271–288.
338. El-Beyrouthya M., El Azzi D. Nanotechnologies: Novel solutions for sustainable agriculture. *Adv. Crop Sci. Technol.* 2014. № 2(118). doi: 10.4172/2329-8863.1000e118.
339. Erba,s, S., Tonguç, M., Karakurt, Y., and ,Sanli, A. Mobilization of seed reserves during germination and early seedling growth of two sunflower cultivars. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 2016. Vol. 89. P 217–222. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2016.089.028>
340. Ewart A.J. On the longevity of seeds. *Proceedings of the Royal Society Victoria*, 1908. № 21. P. 1–210.
341. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2008a. *Food Outlook: Global Market Analysis*. Rome, Italy: FAO. URL: <http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e00.htm>.
342. FAO Statistical Yearbooks – World food and agriculture. URL: <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e01.pdf.4>.
343. FAO. FAOSTAT. Available at <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (verified 9 June. 2011). FAO, Rome, Italy.
344. Farouk S., Cliche L. The 2008 Food and Financial Crises and the South: Causes and Impacts. *Kasarinlan: Philippine Journal of Third World Studies*. 2011. Vol. 26 (1–2). P. 22–48.6. UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2008 c.
345. FIS (Ed.) *International Seed Trade Federation. Rules and Usages for the Trade in Seeds for Sowing Purposes*. FIS: Nyon, 1994. 26 pp.
346. FIS (Ed.) What is FIS? http://www.worldseed.org/what_Fise.htm 03.05.01
347. Ghormade, V., Deshpande, M.V. & Paknikar, K.M. Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants.

- Biotechnology Advances. 2018. Vol. 29. P. 792–803. [https://doi: 10.1016/j.biotechadv.2011.06.007](https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.06.007).
348. Gregory P.J., Johnson S.N., Newton A.C., Ingram J.S.I., Harlan J.R. Crops and Man. ASA, Madison, 1991. WI. 285 P.
 349. Hagerman A., Harvey-Mueller I., Makkar H.P.S. Quantification of Tannins in Tree Foliage – a Laboratory Manual. FAO/IAEA: Vienna, 2000.
 350. Hagerman A.E., Butler L.G. Tannin assay Adapted from A.E. Hagerman and L.G. Butler. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. J. Agric. Food Chem. 1978. Vol. 26. P. 809–812.
 351. Hampton J.G., TeKrony D.M. Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association, Zürich. 1995. P. 117.
 352. Haq I.U., Ijaz S. Use of Metallic Nanoparticles and Nanoformulations as Nanofungicides for Sustainable Disease Management in Plants. Nanobiotechnology in Bioformulations. Springer: Cham, Switzerland, 2019. PP. 289–316.
 353. Harrington J.F. Biochemical basis of seed longevity. Seed Sci. Technol. 1973. № 1. P. 453–461.
 354. Harrington J.F. Seed storage and longevity. In: «Seed Biology.» N.Y. : Academic Press, 1972. Vol. 3. P. 145–245.
 355. Hatfield J., Boote K., Kimball B.A., Izaurralde R., Ort D., Thomson A., Wolfe D. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. Agronom. J. 2011. Vol. 103. P. 351–370.
 356. He X., Deng H., Hwang H.-M. The current application of nanotechnology in food and agriculture. J. Food Drug Anal. 2018. № 27. P. 1–21. doi: 10.1016/j.jfda.2018.12.002.
 357. Heffer P., Prud'homme M. Fertilizer Outlook 2012–2016. International Fertilizer Industry Association (IFA); Paris, France: 2012.
 358. International Seed Testing Association (ISTA). International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology. The International Seed Testing Association, Bassersdorf, 540 p

359. ISTA (Ed.) International Rules for Seed Testing 1999 Seed Science and Technology, Supplement, 2003.
360. Jaggard K.W., Qi A., Ober E.S. Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philos. Trans. Royal Soc. B Biol. Sci.* 2010. Vol.365. P. 2835–2851.
361. Jampilek J., Kral'ova K. Application of nanotechnology in agriculture and food industry, its prospects and risks. *Ecol. Chem. Eng. S-Chemia I Inzynieria Ekologiczna S.* 2015. № 22. P. 321–361. doi: 10.1515/eces-2015-0018.
362. Jennifer, P. C. T., Reiter, W. D., and Gibson, S. I. Mobilization of seed storage lipid by Arabidopsis seedlings is retarded in the presence of exogenous sugars. *BMC Plant Biology.* 2002. № 2(4). <https://doi.org/10.1186/1471-2229-2-4>
363. Junhaeng, P., Thobunluepop, P., Chanprasert, W., Onwimol, D., Nakasathien, S. and Pawelzik, E. The Seed Water Sorption Isotherm and Antioxidant-Defensive Mechanisms of *Hordeum vulgare* L. Primed Seeds. *American Journal of Plant Sciences.* 2018. № 9. P. 2385–2407. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.912173>
364. Kale A.P., Gawade S.N. Studies on nanoparticle induced nutrient use efficiency of fertilizer and crop productivity. *Green Chem. Technol. Lett.* 2016. № 2. P. 88–92. doi: 10.18510/gctl.2016.226.
365. Kalenska S., Novytcka N., Kalenskyi V., Kovalenko R. Dgemesuk O. Influence of nitrogen fertilizer rates on nitrogen fixation capacity and yield of soybean. Article Die rolle der bodenmikroorganismen bei der ernahrung von kulturpflanzen / Intern. Wissenschaftliche konferenc, 17–18 november, 2016, Anhalt. Bernburg, Strenzfeld, 2016. P. 13–14.
366. Kalenska S., Rakhmetov J., Nidzelskiy V., Mokrienko V., Novitcka N., Kachura I. Bioresource potential of Ukraine in Settling of production and energy security. *Earth bioresources and environmental biosafety challenges*

- and opportunies: Proceedings of the Intern. Scientific confer, 4–7.10.2013. Kyiv: NULES of Ukraine, 2013. P. 1–14.
367. Kalenska S., Tasheva U., Kalenskiy V., Novicka N, Gonchar L, Kalenskiy V., Novytcka N, Kalenska S, Pylypenko V., Cherniy V., Scherbakova E. Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes (soybean, peas, chickpeas), based on cropping technology on black soils. Die rolle der bodenmikroorganismen bei der ernahrung von kulturpflanzen. Intern. Wissenschaftliche konferenc, 17–18 november 2016, Anhalt. Bernburg, Strenzfeld, 2016. P. 12–13.
368. Kalenska S., Tasheva U., Kalenskiy V., Novicka N., Gonchar L. Productivity of triticale in Ukraine. 9th International Triticale Symposium. Book of abstracts. 2016. Szeged, Hungery. P. 89.
369. Kalenska S., Yeremenko O., Novictska N., A. Yunyk, L. Honchar, V. Cherniy, T. Stolayrchuk, V. Kalenskiyi, O. Scherbakova and A. Rigenko Enrichment of field crops biodiversity in conditions of climate changing. 9th International Conference on Biosystems Engineering: Book Of Abstracts. May 9–11, 2018. Tartu, Estonia: Estonian University of Life Sciences, 2018. P. 98.
370. Kalenska S., Yeremenko O., Novictska N., Yunyk A., Honchar L., Cherniy V., Stolayrchuk T., Kalenskiyi V., Scherbakova O., Rigenko A. Enrichment of field crops biodiversity in conditions of climate changing. Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9 (1). 19–24.
371. Kalenska, S.; Taran, V.; Novitskaya, N.; Kovalensko, R. Die Produktivität der Ackerkulturen auf Schwarzerdestandorten in der Waldsteppe der Ukraine. Nationale Universität für Lebens-und Umweltwissenschaften Kiew (Ukraine). Anforderungen an den Pflanzenbau auf Schwarzerdestandorten Internationale wissenschaftliche Tagung am 10. Juni 2015 an der Hochschule Anhalt in Bernburg-Strenzfeld.

372. Kirkby E.A., Mendel K. Ionic –Balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea or ammonium nutrition. *Plant Physiol.* 1967. 42. P. 6–14.
373. Kitamura K., Igita K., Kikuchi A., Kudou S., Okubo K. Low isoflavone content in some early maturing cultivars so-called summer-type soybeans. *Jpn. J. Breed.* 1991. Vol. 41. P. 651–654.
374. Kottegoda N., Munaweera I., Madusanka N., Karunaratne V. A green slow-release fertilizer composition based on urea-modified hydroxyapatite nanoparticles encapsulated wood. *Curr. Sci.* 2011. № 101. P. 73–78.
375. Kwak J. M., Nguyen V., and Schroeder J. I. The role of reactive oxygen species in hormonal responses. *Plant Physiol.* 2006. № 141. P 323–329. doi: 10.1104/pp.106.079004
376. Lateef A., Nazir R., Jamil N., Alam S., Shah R., Khan M.N., Saleem M. Synthesis and characterization of zeolite based nano–composite: An environment friendly slow release fertilizer. *Microporous Microporous Mater.* 2016. № 232. P. 174–183. doi: 10.1016/j.micromeso.2016.06.020.
377. Lebedencu I. et al. Masuti Pentru obtinerea uhei productii de soia de peste 3000 rg/ha, in conditii de irigare. *Productia Vegetala. Cereale si Plante Tehnice.* 1981. Vol. 33, № 5. P.29–32.
378. Li S.X., Wang Z.H., Miao Y.F., Li S.Q. Soil organic nitrogen and its contribution to crop production. *J. Integr. Agric.* 2014. № 13. P. 2061–2080. doi: 10.1016/S2095-3119(14)60847-9.
379. Liggins J, Bluck L.J.C, Coward W.A, Bingham A. Extraction and quantification of daidzein and genistein in food. *Anal. Biochem.* 1998. Vol. 264. P. 1–7.
380. Lori Coward N., Setchell C.B.K.D.R., Genistein S. Barnes Daidzein and their (3-glycosidic conjugates: Antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. *J. Agric. Food Chem.* 1993. Vol. 41. P. 1961–1967.

381. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951. Vol.193. P. 265–275
382. Marckam K.R. *Methods in Plant Biochemistry*. London : Academic Press:, 1989.
383. Maurer-Jones, M. A., Gunsolus, I. L., Murphy, C. J., and Haynes, C. L. Toxicity of engineered nanoparticles in the environment. *Anal. Chem.* 2013. № 85. 3036–3049. doi: 10.1021/ac303636s
384. McDonald, M.B. Seed Deterioration: Physiology, Repair and Assessment. *Seed Science and Technology*. 1999. № 27. P. 177–237.
385. Messina M, Persky V. Setchell K, Barnes S. Soy intake and cancer risk: A review of the in vitro and in vivo data. *Nutrition Cancer*. 1994. Vol. 27. No 2. P. 113–131.
386. Miao Y.F., Wang Z.H., Li S.X. Relation of nitrate N accumulation in dryland soil with wheat response to N fertilizer. *Field Crops Res.* 2015. № 170. P. 119–130. doi: 10.1016/j.fcr.2014.09.016.
387. Millan G., Agosto F., Vazquez M., Botto L., Lombardi L., Juan L. Use of clinoptilolite as a carrier for nitrogen fertilizers in soils of the Pampean regions of Argentina. *Cienc. Investig. Agrar.* 2008. № 35. P. 293–302.
388. Miyazawa M., Sakano K., Nakamura S., Kosaka H. Antimutagenic activity of isoflavones from soybeans seeds (*Glycine max* Merrill). *J. Agric. Food Chem.* 1999. Vol. 47. P. 1346–1349.
389. Panpatte D.G., Jhala Y.K., Shelat H.N., Vyas R.V. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity. Nanoparticles: The next generation technology for sustainable agriculture*. Springer; New Delhi, India: 2016. PP. 289–300.
390. Pariza M., Aeschbacher H., Felton J., Sato S. Soybeans inhibit mammary tumours in models of breast cancer. *Mutagens and carcinogens in the diet*. New York: Wiley-Liss, 1990. P. 239–253.

391. Pinzino C., Capocchi A., Galleschi L., Saviozzi F., Nanni B., Zandomenighi M. Aging, freeradicals, and antioxidants in wheat seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999. Vol. 47(4). P. 1333–1339.
392. Potter S. Soy protein and cardiovascular disease: The impact of bioactive components in soy. *Nutrition Reviews*. 1998. Vol. 56. No 8. P. 231–235.
393. Preetha S. P. and Balakrishnan, N. A Review of Nano Fertilizers and Their Use and Functions in Soil. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2017. № 6(12). PP. 3117–3133. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.612.364>
394. Raab T.K., Terry N. Carbon, nitrogen and nutrient interactions in *Beta vulgaris* L. As influenced by nitrogen source, NO₃[–] versus NH₄⁺. *Plant Physiology*. 1995. 107. P.575–584.
395. Radad, K., Al-Shraim, M., Moldzio, R. and Rausch, W. D. Recent advances in benefits and hazards of engineered nanoparticles. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2012. № 34. P. 661–672. doi: 10.1016/j.etap.2012.07.011
396. Rajjou, L., Duval, M., Galardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., et al. Seed germination and vigor. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2012. № 63. P. 507–533.
397. Raven J.A., Smith F.A. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. *New Phytol.* 1976. Vol. 76. P. 415–431
398. Rishi R.K. Phytoestrogens in health and illness. *Indian J. Pharmacol.* 2002. Vol. 34. P. 311–320.
399. Rosental, L., Nonogaki, H., and Fait, A. Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Sci. Res.* 2014. № 24. P. 1–15. <https://doi.org/10.1017/S0960258513000391>
400. Sabir A., Yazar K., Sabir F., Kara Z., Yazici M.A., Goksu N. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines

- as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Sci. Hortic.* 2014. № 175. P. 1–8. doi: 10.1016/j.scienta.2014.05.021.
401. Sajid Ali, Subhan Uddin, Osaid Ullah, Shahen Shah, Serajud-Din, Taj Ali. Yield and Yield components of Maize Response To compost and Fertilizer-Nitrogen. *Food Science and Quality Management*. 2015. Vol.38. P. 39 – 44
402. Satyanarayana, B., Devi, P. S., and Arundathi, A. Biochemical changes during seed germination of *Sterculia urens* Roxb. *Not. Sci. Biol.* 2011. № 3. P. 105–108.
403. Scheible W.-R., Lauerer M., Schulze E.-D. Accumulation of nitrate in the shoot acts as a signal to regulate shoot-root allocation in tobacco. *Plant J.* 1997. Vol. 11. P. 671–691
404. Schwember, A.R. and Bradford, K.J. Oxygen Interacts with Priming, Moisture Content and Temperature to Affect the Longevity of Lettuce and Onion Seeds. *Seed Science Research*. 2011. № 21. PP. 175–185. <https://doi.org/10.1017/S0960258511000080>
405. Shang, Y., Hasan, Md. K., Ahammed, G.J., Li, M., Yin, H., Zhou, J. Applications of Nanotechnology in Plant Growth and Crop Protection: A Review. *Molecules*. 2019. № 24(14). P. 2558. doi: 10.3390/molecules24142558
406. Shukla P., Chaurasia P., Younis K., Qadri O.S., Faridi S.A., Srivastava G. Nanotechnology in sustainable agriculture: Studies from seed priming to post-harvest management. *Nanotechnol. Environ. Eng.* 2019. № 4. P. 11. doi: 10.1007/s41204-019-0058-2.
407. Shukla, S.K., R. Kumar, R.K. Mishra, A. Pandey, A. Pathak, M. Zaidi, S.K. Srivastava, A. Dikshit Prediction and validation of gold nanoparticles (GNPs) on plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A step toward development of nano-biofertilizers. *Nano Reviewers*. 2015. № 4. P. 439–448. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2015-0036>.

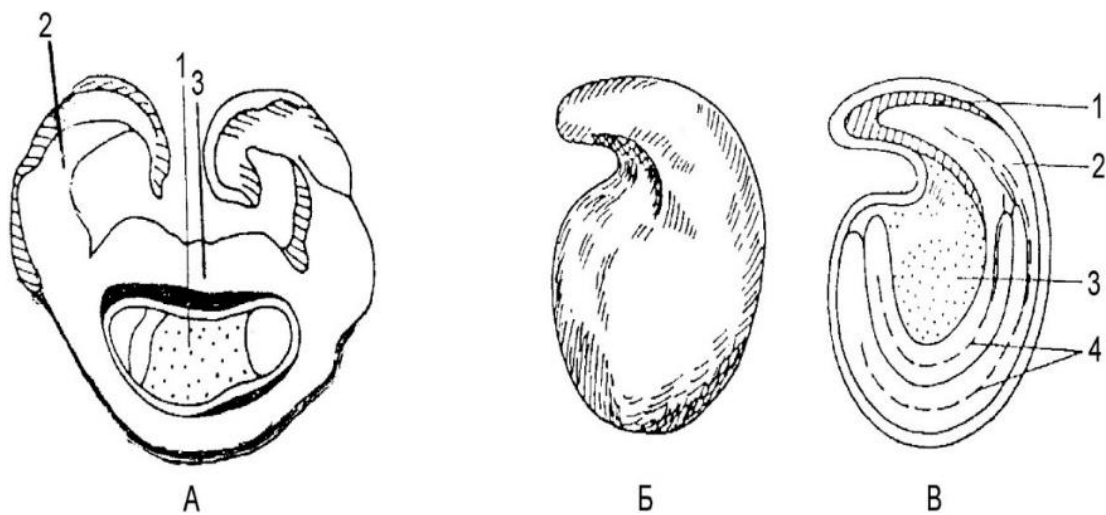
408. Singleton V. L., Rossi J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 1965. Vol. 16. P. 144–158.
409. Solanki, P., Bhargava, A., Chhipa, H., Jain, N., Panwar, J. Nanofertilizers and Their Smart Delivery System. In: Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L., Duran, N. eds. *Nanotechnologies in food and agriculture*. Springer, Cham, 2015. PP. 81-101. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-14024-7_4
410. Soriano, D., Huante, P., Gamboa-debuen, A., and Orozco-segovi, A. Effects of burial and storage on germination and seed reserves of 18 tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. *Oecologia*. 2014. № 174. P. 33–44. doi: 10.1007/s00442-013-2753-1
411. Soriano, D., Orozco-segovia, A., Márquezguzmán, J., Kitajima, K., Buen, A. G., and Huante, P. Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. *Ann. Bot.* 2011. № 107. PP. 939–951. doi: 10.1093/aob/mcr041
412. Stitt M. Nitrate regulation of metabolism and growth. *Curr. Opin. Plant Biol.* 1999. Vol. 2. P. 178–86.
413. Subramanian K.S., Manikandan A., Thirunavukkarasu M., Rahale C.S. Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. In: Rai M., Ribeiro C., Mattoso L., Duran N., editors. *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer; Cham, Switzerland, 2015. PP. 69–80.
414. Sun, J., Wu, D., and Xu, J. Characterisation of starch during germination and seedling development of a rice mutant with a high content of resistant starch. *J. Cereal Sci.* 2015. № 62. P. 94–101. doi: 10.1016/j.jcs.2015.01.002
415. Tsukamoto C., Shimada S., Igita K., Kudou S., Kokubun M., Okubo K., Kitamura K.. Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: Changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different

- temperatures during seed development. *J. Agric. Food Chem.* 1995. Vol. 43. P. 1184–1192.
416. Verma S.K., Das A.K., Patel M.K., Shah A., Kumar V., Gantait S. Engineered nanomaterials for plant growth and development: A perspective analysis. *Sci. Total Environ.* 2018. № 630. P. 1413–1435. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.313 .
 417. Vitor, H.V.M., Nascente, A.S., Neves, P.C.F., Taillebois, J.E. and Oliveira, F.H.S. Seed Hydropriming in Upland Rice Improves Germination and Seed Vigor and Has No Effects on Crop Cycle and Grain Yield. *Australian Journal of Crop Science.* 2016. № 10. P. 1534–1542. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.11.PNE70>
 418. Wahid, N., and Bounoua, L. The relationship between seed weight, germination and biochemical reserves of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Morocco. *New For.* 2013. № 44. P. 385–397. doi: 10.1007/s11056-012-9348-2
 419. Wang Z.H., Miao Y.F., Li S.X. Effect of ammonium and nitrate nitrogen fertilizers on wheat yield in relation to accumulated nitrate at different depths of soil in drylands of China. *Field Crops Res.* 2015. № 183. P. 211–224. doi: 10.1016/j.fcr.2015.07.019.
 420. Wang, P., Lombi, E., Zhao, F.J., Kopittke, P.M. Nanotechnology: a new opportunity in plant sciences. *Trends in Plant Science.* 2016. № 21(8). P. 699–712. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.04.005>
 421. Wang, T., Sistrunk, L. A., Leskovar, D. I., and Cobb, B. G. Characteristics of storage reserves of triploid watermelon seeds: association of starch and mean germination time. *Seed Sci. Technol.* 2011. № 39. P. 318–326. doi: 10.15258/sst.2011.39.2.05
 422. Weitbrecht, K., Müller, K., and Leubner-Metzger, G. First off the mark: early seed germination. *J. Exp. Bot.* 2011. № 62. P. 3289–3309. doi: 10.1093/jxb/err030

423. Worrall E., Hamid A., Mody K., Mitter N., Pappu H. Nanotechnology for plant disease management. *Agronomy*. № 2018. № 8. P. 285. doi: 10.3390/agronomy8120285.
424. Xu, T. M., Tian, B. Q., Sun, Z. D., and Xie, B. J. Changes of three main nutrient during Oat germination. *Nat. Prod. Res.* 2011. № 23. P. 534–537.
425. Yang, F.L., Li, S.G., Zhu, F., Lei C.L. Structural characterization of nanoparticles loaded with garlic essential oil and their insecticidal activity against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: tenebrionidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. № 57. P. 10156–10162. <https://doi.10.1021/jf9023118>
426. Zadoks J. C, Chang T. T., Konzak C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 1974. №14. P. 415–421.
427. Zaytseva O., Neumann G. Carbon nanomaterials: Production, impact on plant development, agricultural and environmental applications. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2016. № 3. P. 17. doi: 10.1186/s40538-016-0070-8.
428. Zhao et al. The Relationship between Seed Reserves and Germination pea and lentil seeds. *Plant Food Hum. Nutr.* 2016. № 58. P. 1–13. <https://doi.org/10.1023/B:QUAL0000040339.48521.75>
429. Zhao, M., Zhang, H., Yan, H., Qiu, L., & Baskin, C. C. Mobilization and Role of Starch, Protein, and Fat Reserves during Seed Germination of Six Wild Grassland Species. *Frontiers in plant science*. 2018. № 9. P. 234. <http://dx.doi:10.3389/fpls.2018.00234>

Додаток А

Будова плоду і насіння цукрових буряків



[]. *A — плід у розрізі (1 — насіння ; 2 — перикарпій; 3 — кришечка) ; Б — насіння ; В — насіння у розрізі : 1- ендосперм (оболонка) ; 2 — прокамбій; 3 — перисперм; 4 — сім'ядолі*

Додаток Б

Динаміка зміни ваги плодів буряків цукрових, г

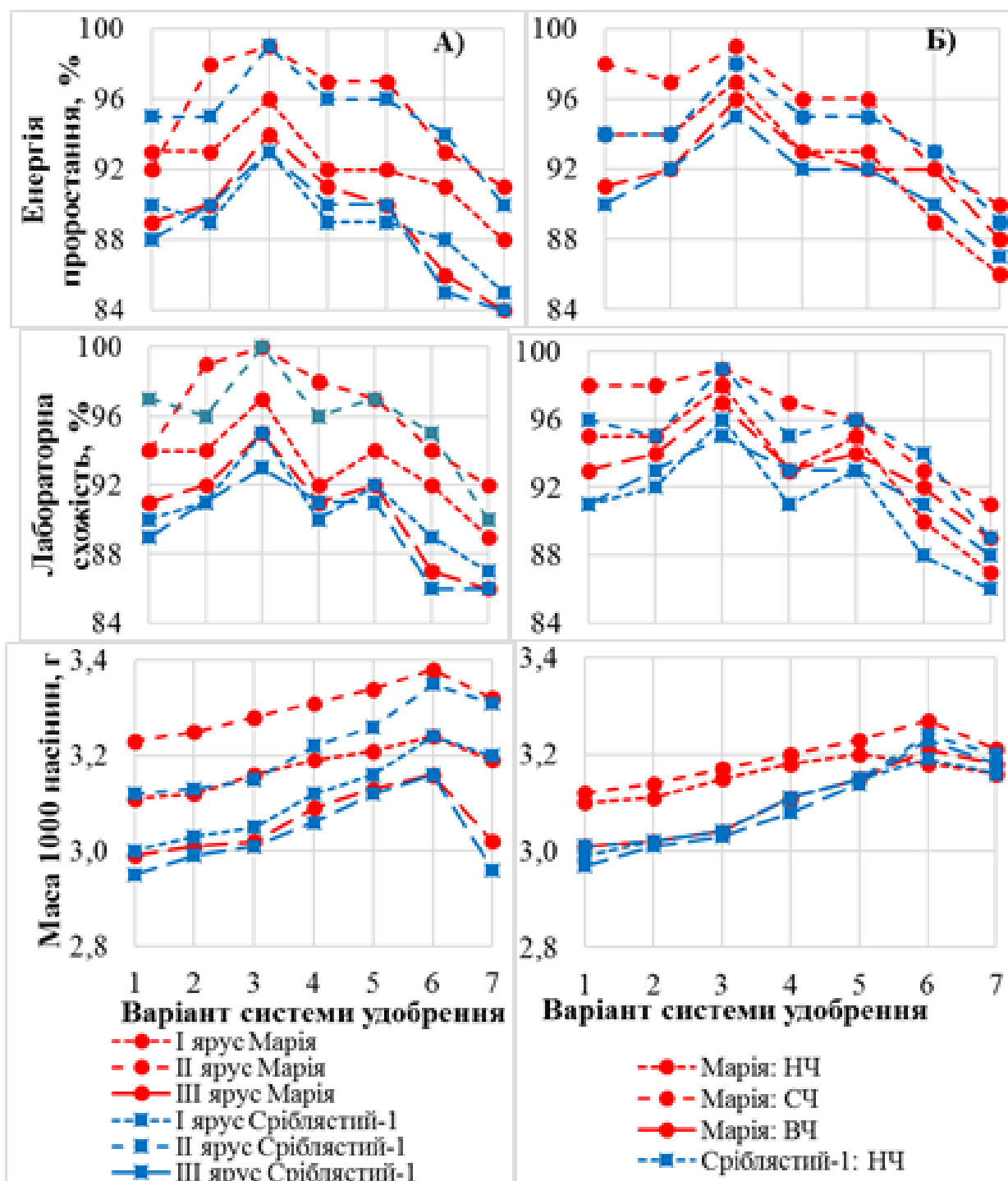
Варіант дослід у	Повтор.	00 ВВСН (сухі плоди) до сівби	Етап дослід у							
			1 етап - 01 ВВСН (набубнявіння – початок поглинання води) Через 1 ³⁰ години після сівби		2 етап – 03 ВВСН (кінець набубнявіння: кришечка відкрита) через 22 години			3 етап – 05 ВВСН (поява зародкового корінця) через 44 години		
		г	г	%	г	% до 01	% до 00	г	% до 02	% до 00
К	1	0,018	0,021	16,67	0,022	4,76	22,22	0,023	4,55	27,78
	2	0,016	0,019	18,75	0,020	5,26	25,00	0,021	5,00	31,25
	3	0,016	0,017	6,25	0,019	11,76	18,75	0,019	0,00	18,75
	4	0,017	0,019	11,76	0,020	5,26	17,65	0,021	5,00	23,53
	5	0,019	0,020	5,26	0,022	10,00	15,79	0,023	4,55	21,05
	6	0,014	0,014	0,00	0,016	14,29	14,29	0,019	18,75	35,71
	Ср .	0,017	0,018	9,78	0,020	8,56	18,95	0,021	6,31	26,35
1 (zone 1)	1	0,014	0,017	21,43	0,02	17,65	42,86	0,02	0,00	42,86
	2	0,015	0,018	20,00	0,021	16,67	40,00	0,021	0,00	40,00
	3	0,017	0,020	17,65	0,022	10,00	29,41	0,022	0,00	29,41
	4	0,017	0,021	23,53	0,022	4,76	29,41	0,024	9,09	41,18
	5	0,017	0,022	29,41	0,023	4,55	35,29	0,025	8,70	47,06
	6	0,017	0,022	29,41	0,024	9,09	41,18	0,027	12,50	58,82
	Ср .	0,016	0,020	23,57	0,022	10,45	36,36	0,023	5,05	43,22
2 (zone 2)	1	0,014	0,017	21,43	0,017	0,00	21,43	0,018	5,88	28,57
	2	0,015	0,019	26,67	0,019	0,00	26,67	0,02	5,26	33,33
	3	0,015	0,019	26,67	0,02	5,26	33,33	0,021	5,00	40,00
	4	0,017	0,020	17,65	0,021	5,00	23,53	0,021	0,00	23,53
	5	0,017	0,020	17,65	0,022	10,00	29,41	0,022	0,00	29,41
	6	0,018	0,021	16,67	0,022	4,76	22,22	0,023	4,55	27,78
	Ср .	0,016	0,019	21,12	0,020	4,17	26,10	0,021	3,45	30,44
3 (zone 3)	1	0,013	0,015	15,38	0,015	0,00	15,38	0,019	26,67	46,15
	2	0,015	0,017	13,33	0,019	11,76	26,67	0,019	0,00	26,67
	3	0,016	0,018	12,50	0,02	11,11	25,00	0,022	10,00	37,50
	4	0,016	0,019	18,75	0,020	5,26	25,00	0,022	10,00	37,50
	5	0,016	0,021	31,25	0,021	0,00	31,25	0,023	9,52	43,75
	6	0,016	0,021	31,25	0,021	0,00	31,25	0,024	14,29	50,00
	Ср .	0,015	0,019	20,41	0,019	4,69	25,76	0,022	11,75	40,26

Додаток В

Динаміка зміни діаметру та розвиток плодів буряків цукрових

Варіант досліджу	Повтор.	00 ВВСН	Етап досліджу							
			1 етап 01 ВВСН	% 1 до 00	2 етап 03 ВВСН		% до 01	% до 00	3 етап 05 ВВСН	
					діам.	щілина, мм			корінець, мм	щілина, мм
К	1	3,496	3,626	3,72	3,661	-	0,97	4,72	-	-
	2	3,506	3,657	4,31	4,064	-	11,13	15,92	1,591	0,163
	3	3,407	3,644	6,96	3,659	-	0,41	7,40	-	+
	4	3,602	3,824	6,16	3,947	-	3,22	9,58	-	0,184
	5	3,167	3,339	5,43	3,491	-	4,55	10,23	-	0,188
	6	3,215	3,316	3,14	3,549	-	7,03	10,39	-	0,241
	Ср.	3,399	3,568	4,95	3,729	-	4,55	9,70		
1 (zone 1)	1	3,193	3,674	15,06	-	0,175	-	-	2,671	+
	2	2,930	3,284	12,08	3,745	0,090	14,04	27,82	1,272	+
	3	3,169	3,640	14,86	4,153	-	14,09	31,05	-	+
	4	3,404	3,856	13,28	-	0,085	-	-	0,540	0,244
	5	3,443	3,978	15,54	4,437	-	11,54	28,87	2,447	+
	6	3,052	3,450	13,04	3,885	-	12,61	27,29	0,655	0,363
	Ср.	3,199	3,647	13,98	4,055		13,07	28,76		
2 (zone 2)	1	2,829	3,116	10,14	3,234	-	3,79	14,32	0,313	0,106
	2	3,017	3,447	14,25	3,775	-	9,52	25,12	-	+
	3	3,287	3,365	2,37	3,480	-	3,42	5,87	-	0,133
	4	4,057	4,207	3,70	4,322	-	2,73	6,53	-	0,439
	5	2,773	3,248	17,13	3,569	-	9,88	28,71	0,745	0,407
	6	3,321	3,785	13,97	3,847	-	1,64	15,84	-	0,297
	Ср.	3,214	3,528	10,26	3,705	-	5,16	16,06	-	-
3 (zone 3)	1	3,222	3,679	14,18	3,973	-	7,99	23,31	-	0,327
	2	3,259	3,546	8,81	3,913	-	10,35	20,07	-	0,134
	3	3,789	4,097	8,13	4,484	-	9,45	18,34	-	0,330
	4	2,914	3,058	4,94	3,672	-	20,08	26,01	-	0,165
	5	3,168	3,424	8,08	3,776	-	10,28	19,19	-	0,119
	6	3,335	3,775	13,19	3,902	-	3,36	17,00	-	0,244
	Ср.	3,281	3,597	9,56	3,953	-	10,25	20,65	-	-

Додаток Г



Примітка. Система удобрення: 1 – без добрив (контроль); 2 – $N_{30}P_{15}K_{30}$; 3 – $N_{45}P_{30}K_{45}$; 4 – $N_{60}P_{45}K_{60}$; 5 – $N_{75}P_{60}K_{75}$; 6 – $N_{90}P_{75}K_{90}$; 7 – $N_{105}P_{90}K_{105}$; розміщення в стручку: НЧ – нижня частина, СЧ – середня, ВЧ – верхня частина.

Рис. 11. Матрикальна та трофічна різноякісність насіння ріпаку ярого залежно від ярусу рослини (А) та розміщення насіння в стручку (Б), середнє за 2004–2007 рр.

Додаток Д

Таблиця 1.

Кореляція між показниками якості залежно від ярусу китиці

	Енергія проростання	Лабораторна схожість	Маса 1000 зерен
N / K	-0,2803 ^{ns}	-0,3770*	0,4527**
P	-0,3242*	-0,4238**	0,4525**
НРК	-0,2944 ^{ns}	-0,3921**	0,4534**
Ярус китиці	-0,1100 ^{ns}	-0,1966 ^{ns}	-0,3440*
Енергія проростання	1	0,912**	0,3343*
Лабораторна схожість		1	0,3969**

^{ns} – $p > 0.05$; * – $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Таблиця 2.

Кореляція між показниками якості залежно від місця розміщення стручка

	Енергія проростання	Лабораторна схожість	Маса 1000 зерен
N / K	-0,5031**	-0,5335**	0,7808**
P	-0,5400**	-0,5815**	0,7889**
НРК	-0,5179**	-0,5493**	0,7846**
Частина стручка	0,0872 ^{ns}	0,0544 ^{ns}	-0,1407 ^{ns}
Енергія проростання	1	0,9764**	-0,1540 ^{ns}
Лабораторна схожість		1	-0,1989 ^{ns}

^{ns} – $p > 0.05$; * – $p < 0.05$; ** $p < 0.01$