

Видається з 1996 року
Засновник і видавець
Сумський національний аграрний університет
Реєстраційне свідоцтво
КВ № 23688-13528 Р від 21.11.2018 р.

Редакційна колегія серії

Коваленко І. М., д.б.н., професор, головний редактор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Власенко В. А., д.с.-г.н., професор, заступник головного редактора, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Кирильчук К. С., к.б.н., доцент, відповідальний секретар, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Ліпса Флорин Деніел, к.с.-г.н., доцент, Університет сільського господарства та ветеринарної медицини (Румунія)

Русу Теодор, д.с.-г.н., професор, Університет сільського господарства та ветеринарної медицини (Румунія)

Тунгуз Весна, к.с.-г.н., доцент, Університет Східного Сараєво (Боснія і Герцеговина)

Мен Фаньхуа, к.с.-г.н., головний науковий співробітник, НДІ зернових культур Академії аграрних наук Китаю (КНР)

Сметанська І. М., к.с.-г.н., д.інж.наук, професор, Університет прикладних наук Вайнштефан-Трісдорф (Німеччина)

Кашпар Ян, к.б.н., доцент, Чеський університет природничих наук (Чеська республіка)

Сопотлієва Десіслава, к.б.н., головний науковий співробітник, Інститут досліджень біорізноманіття та екосистем, Болгарська академія наук (Болгарія)

Данилик І. М., д.б.н., ст.н.с., провідний науковий співробітник, Інститут екології Карпат НАН України (Україна)

Дегтярьов В. В., д.с.-г.н., професор, Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва (Україна)

Дубина Д. В., д.б.н., професор, головний науковий співробітник, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (Україна)

Жатова Г. О., к.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Захарченко Е. А., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Злобін Ю. А., д.б.н., професор, Почесний професор кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету, (Україна)

Клименко Г. О., к.б.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Куземко А. А., д.б.н., професор, ст.н.с., Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, відділ геоботаніки і екології (Україна)

Лихолат О. А., д.б.н., ст.н.с., професор, Університет митної справи та фінансів (Україна)

Мельник А. В., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Міністерство освіти і науки України

ВІСНИК СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
Виходить 4 рази на рік

Серія "Агрономія і біологія"
Випуск 1 (39), 2020

Башлай А. Г., Власенко В. А. Реакція рослин пшениці озимої на фітопатогени за умов біологізації землеробства.....	3
Борзих О. І., Ткаленко Г. М., Черній В. О. Домінуючі грибні хвороби суниці садової (<i>Fragaria ananassa Duch.</i>) в Україні	14
Говорун О. В., Сіра О. Є., Вертель В. В., Дармоустук В. В. «Вакалівські схили» – потенційний ландшафтний заказник місцевого значення на Сумщині	19
Дубовик В. І., Дубовик О. О., Коваленко І. М., Крючко Л. В., Коваленко В. М., Дубовик М. В. Використання фунгіцидів на сортах картоплі	26
Кабанець В. М. Вплив параметрів світлового потоку на формування повторного забур'янення конопель посівних	33
Кохановський В. М., Барна М. М., Барна Л. С., Мельник Т. І. Методичні аспекти оцінювання декоративності деревних рослин відділу <i>Magnoliophyta</i> за сукупністю морфологічних ознак та ознак життєздатності	42
Новікова А. В. Обґрунтування основних елементів технології вирощування цибулі ріпчастої за озимого способу для умов північно-східного Лісостепу України	55
Півторайко В. В., Кабанець В. В. Оцінка стійкості нових сортів конопель посівних (<i>Cannabis sativa L.</i>) до пошкоджень основними комахами-фітофагами у північно-східному Лісостепу України	45
Троценко В. І., Мельник А. В., Троценко Н. В. Дослідження базових характеристик насіння кіноа	71
Wu Liuliu, Zhatova Halyna Basis for the breeding of low-Cd wheat varieties	78

Мельничук С. Д., д.б.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Оничко В. І., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Подгаєцький А. А., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Скляр В. Г., д.б.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Скляр Ю. Л., к.б.н., доцент,
Сумський національний аграрний університет,
м. Суми, (Україна)

Троценко В. І., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Федорчук М. І., д.с.-г.н., професор,
Миколаївський національний аграрний
університет, м. Миколаїв (Україна)

Хаблак С. Г., д.б.н., доцент, AGR group,
(Україна)

Харченко О. В., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет, (Україна)

Ярошук Р. А., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Науковий журнал «Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «АГРОНОМІЯ І БІОЛОГІЯ» визнано фаховим виданням Категорії «Б» в галузі сільськогосподарських та біологічних наук (наказ МОН України від 24.09.2020 р. № 1188).

Науковий журнал «Вісник Сумського національного аграрного університету» індексується в Міжнародних наукометричних базах Index Copernicus, PИHЦ

Матеріали журналу знаходяться у вільному доступі на сайті <https://snau.edu.ua>

Усі статті проходять процедуру таємного рецензування. До публікації в журналі не допускаються матеріали, якщо є достатньо підстав вважати, що вони є плагіатом. Відповідальність за точність наведених даних і цитат покладається на авторів. Матеріали друкуються українською та англійською мовами. У разі цитування посилання на «Вісник Сумського національного аграрного університету» обов'язкове

Друкується згідно з рішенням
вченої ради
Сумського національного
аграрного університету
(Протокол № 8 від 24.02.2020 р)

Адреса видавця та виготовлювача:
40021, м. Суми,
вул. Г. Кондратьєва, 160
Телефон: (0542)70-10-42
E-mail: visnyk.snau@gmail.com
<https://snau.edu.ua>

Тираж 300 пр.
Зам. №4.

© Сумський національний
аграрний університет, 2020

РЕАКЦІЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ФІТОПАТОГЕНИ ЗА УМОВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Башлай Аліна Григорівна

аспірантка

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0003-1133-4025

bashlay_alina@ukr.net

Власенко Володимир Анатолійович

доктор сільськогосподарських наук, професор

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-5535-6747

vlasenkova@ukr.net

Пшениця – один з важливих злаків, що споживається людиною. Потенційні втрати її врожаю від комплексу шкідливих організмів у посівах становлять 37 %. Сучасне сільське господарство бере курс на виробництво екологічно чистого продукту, тобто відбувається стрімкий розвиток органічного сектору землеробства. Площа сертифікованих органічних сільськогосподарських угідь у нашій державі станом на 2015 рік складала 410,6 тис. га, а світові площі займають лише 1 %. Розглянуто сучасні тенденції розвитку органічної технології вирощування пшениці, визначено її особливості. Виявлено основні хвороби (види кореневих гнилей, листкових плямистостей, зокрема, септоріоз, борошніста роса, види іржі, види сажок, фузаріоз), її проблеми, які з ними пов'язані, що стримують розвиток глобального виробництва органічної продукції. Втрати продукції спричиняють хвороби вегетуючих рослин, з якими пов'язано 15–32 % пошкоджень. Охарактеризовано сутності термінів «фітосанітарний стан», «іmunітет рослин», «сортозаміна». Визначено, що найрадикальнішим, найперспективнішим, екологічно безпечним та економічно вигідним напрямом удосконалення інтегрованої системи захисту пшениці озимої залишається вирощування сортів, стійких до шкідників і збудників хвороб. Наш аналіз підтверджує, що ці стійкі сорти добре зарекомендували себе в імунологічному методі захисту і карантину рослин. Їх доцільно вважати основою органічної технології. Знання механізмів захисту рослин від патогенів значно розширюються. Відповідно зростає кількість ідентифікованих генів і даних про регуляцію їх активності різними захисними механізмами. Нетрадиційна технологія вирощування стимулює до пошуку нових методів, прийомів та заходів. Обґрунтовано основні перспективи та на шляху вдосконалення вітчизняного органічного сектора. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, поповнюється новими сортами. Залишається актуальним питання проведення досліджень комерційних сортів пшениці м'якої озимої в умовах північно-східного Лісостепу України за органічної системи вирощування щодо стійкості проти хвороб.

Ключові слова: іmunітет рослин, сорт, збудники хвороб, органічна технологія землеробства, сортооновлення, сортозаміна.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.1>

Вступ. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є одним з найважливіших видів злаків, що використовується для споживання людиною в Європі та Північній Америці. Вона є основним інгредієнтом багатьох харчових продуктів, основними із яких є хліб і хлібобулочні вироби, макарони, локшина (Goesaert et al., 2005). Пшениця є найбільш стародавньою культурою (Remeslo & Sajko, 1975). Її вирощують більше ніж у 80 країнах світу і вона є головним продуктом харчування у 43 з них (Вакуненко et al., 2019). На зернові продукти припадає приблизно 45 % від загальної добової норми споживання калорій людьми у всьому світі, коливаючись приблизно від 25 % у багатьох європейських країнах (наприклад, у Німеччині та Великобританії) до близько 55 % у деяких країнах, що розвиваються (наприклад, Індія) (National Geographic, 2019).

Сучасне сільське господарство бере курс на виробництво екологічно чистого продукту, щоб задовільнити зростаючий темп споживачів вживати безпечну їжу. За даними Федерації органічного руху України, площа сертифікованих сільськогосподарських угідь у нашій державі, задіяних під вирощуванням різноманітної органічної продукції, станом на 2015 рік складала 410,6 тис га (що близько 1 % від загальної площі сільгоспугідь). Україна займає почесне 20-те місце се-

ред світових країн-лідерів органічного руху та I місце в східноєвропейському регіоні щодо сертифікованої площі органічної ріплі, спеціалізуючись, переважно, на виробництві зернових, зернобобових та олійних культур. Щодо світових сільськогосподарських площ, то під органічне землеробство відводиться лише 1 % (Ekonomichnyj dyskusijnyj klub, 2016). Органічний продукт є одним із найвідоміших маркувань продуктів і більшість людей у розвинених країнах сьогодні споживає саме таку їжу (Seufert et al., 2017).

Обмежене використання хімічних засобів захисту рослин та синтетичних мінеральних добрив стимулює селекціонерів до пошуку нових імунологічних особливостей у зернових колосових культур та, зокрема, у пшениці озимої. Загальний фітосанітарний режим посівів починає змінюватися, відбувається накопичення зимуючих стадій хвороб та шкідників рослин, збільшуються об'єми запасів насіння бур'янів у ґрунті. За опублікованими даними Інституту захисту рослин НААН України та інших наукових установ, потенційні втрати врожаю від комплексу шкідливих організмів у посівах пшениці озимої становлять 37 % (Fedorenko & Ret'man, 2009).

Загалом органічне землеробство ґрунтується на чотирьох основних принципах, таких як: здоров'я, екологічність, справедливість та турбота (Karen & Nielsen, 2019). Органічні

культури часто мають вищу цінність, ніж звичайні, і обсяг їх посівів демонструє тенденцію постійно зростаючих обсягів виробництва (Litterick & Watson, 2017).

Системи органічного землеробства є викликом багатьом питанням захисту і карантину рослин. Серед відомих методів захисту і карантину рослин, а також одним із екологічно обґрунтованих та безпечних є імунологічний, який базується на відборі та уведенні в систему вирощування польових культур, зокрема й пшениці м'якої озимої, сортів, стійких до шкідливих організмів та адаптованих до конкретних умов. Органічне виробництво засновано на сортах сільськогосподарських культур, які були виведені під традиційний спосіб вирощування, їх частка складає більш ніж 95 %. Але нещодавні дослідження показали, що у таких сортів відсутні такі важливі характеристики, які необхідні в органічних умовах виробництва. Серед них: урожайність, стійкість до біотичного та абіотичного стресів, технологічна якість рослинної сировини для виробництва продуктів споживання (Lammerts van Bueren et al., 2002; Murphy et al., 2007; Wolfe et al., 2008). На жаль, більшість сортів сприйнятливі до домінуючих захворювань, існує обмежене генетичне різноманіття генів стійкості, доступних для використання у селекційних програмах (Shamanin et al., 2016).

Важливою проблемою під час організації біологічного землеробства є вивчення того, як шкідники, хвороби та насіння бур'янів впливає на фітосанітарний стан посівів пшениці озимої, а також яким чином імунологічні прийоми у системі вирощування можуть вплинути на збереження врожаю. Органічна складова сільськогосподарської галузі стала об'єктом вивчення багатьох вітчизняних та закордонних теоретиків і практиків (Lammerts van Bueren et al., 2002; Murphy et al., 2007; Wolfe, et al., 2008; Fedorenko, 2009).

Імунітет культури – важлива складова органічного землеробства. Дослідженню властивостей формування імунітету зернових злакових культур і шляхів його покращення присвячено чимало наукових публікацій, серед яких роботи як українських науковців, так і вчених із різних країн світу (Ret'man et al., 2014; Lisovij & Lisova, 2004, 2015; Jevtushenko, et al., 2004; Vlasenko et al., 2014; McDonald & Linde, 2002; Somers, et al., 2006). Вагомий внесок у дослідження генів стійкості зробили (Petrenkova et al., 2014, 2016; Kovalishina, 2014; Kovalishina, 2005; Kirichenko & Petrankova, 2012; Babajanc & Babajanc, 2014; Moskalec', 2015; Afanas'eva et al., 2015).

Вирощування сільськогосподарських культур за нетрадиційною технологією, зокрема пшениці, ставить перед виробниками суттєві виклики. Одним із таких викликів є контроль фітосанітарного режиму, тобто моніторинг шкідливих організмів та враховування імунологічних особливостей сортів, що культивуються за такої системи вирощування, проведення сортозамін.

Метою статті є дослідження сутності понять «фітосанітарний стан» та «імунітет рослин», практичне значення моніторингу хвороб у практиці біологічного землеробства; аналіз результатів проведених досліджень щодо контролю фітосанітарного стану в технології органічного землекористування; визначення ролі контролю фітосанітарного стану та резистентних сортів до збудників хвороб за біологічної технології вирощування.

Викладення основного матеріалу. Вибір сортів які мають різну реакцію на біотичні та абіотичні чинники навколишнього природного середовища, відіграє визначальну

роль під час організації органічного виробництва. Сучасні сорти пшениці характеризуються високим потенціалом урожайності зерна (Vologdina & Zamilia, 2006). Зі слів М. М. Гаврилюка, до використання в системі органічного землеробства придатні 10–15 % сортів озимої пшениці селекції Інститута фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, яким властиві підвищена стійкість до хвороб і шкідників, а також достатньо висока здатність адаптуватися до природно-кліматичних умов і забезпечувати значний урожай у різних кліматичних зонах. У сучасних умовах термін ефективного використання сортів обмежується 5–10-ма роками, оскільки створюються нові генотипи, які за всіма показниками перевищують своїх попередників. Виробничники, зазвичай, обирають для вирощування краще серед нових сортів рослин. З огляду на це, надзвичайно актуальними, як стверджує М. М. Гаврилюк, є питання своєчасного сортооновлення й сортозаміни (Povidomlennja NAAN Ukraїny, 2016).

За спеціалізованим словником термін «сортозаміна» визначається як: «повна планова заміна старого районного сорту сільськогосподарської культури новим, продуктивнішим і ціннішим» (Bilodid, 1970, 1980). Нові сорти істотно перевищують старі за врожайністю. Тому, сортозаміну необхідно проводити швидко, упродовж одного, максимум двох років. При цьому скоріше і повніше використовуються біологічні й господарські переваги нового сорту, і разом з тим можна уникнути тиску хвороб, які супроводжували старий сорт. А поняття сортооновлення визначається як «заміна сортового насіння низьких репродукцій, у якого погіршилися сортові і біологічні якості, на насіння того самого сорту, але вищих репродукцій» (Symonenko, 2019). Це є також важливим елементом для технології вирощування пшениці.

Важливим є питання імунітету рослин. М. І. Вавілову належить головна роль у його дослідженні. Вчений вважав, що стійкість до патогенів сформувалася у процесі світової еволюції рослин під впливом довготривалого ураження збудниками хвороб (Vavilov & Dunin, 1946). Дослідник систематизував усі відомі типи стійкості рослин на дві категорії, які назвав пасивним, або механічним, і активним, або фізіологічним імунітетом. До пасивного імунітету він відніс: анатомо-морфологічні особливості рослин, що перешкоджають розвитку патогена; всі морфо-фізіологічні особливості рослин, які не є захисними реакціями на вторгнення паразита, тобто не виникають у відповідь на вторгнення паразитичного організму. Активний імунітет – це тип стійкості рослин, пов'язаний з активними фізіолого-біохімічними реакціями клітин і тканин, що виникають у рослинному організмі у відповідь на вторгнення паразита. Такий розподіл імунітету на типи існує і до нашого сьогодення (Jevtushenko et al., 2004). Фітоімунітет – система захисних реакцій рослин, спрямованих на протистояння інфекційним хворобам та підтримання структурної й функціональної цілісності організму. Функція імунітету проявляється у здатності розпізнавати й позбуватися паразитичних мікроорганізмів, протистояти інфекціям (Dmitriev, 2006). Тому фундаментальні дослідження за цим напрямком стали підґрунтям для селекції сортів сільськогосподарських культур, що є основою виникнення імунологічного методу захисту рослин.

Імунологічний захист рослин від грибних хвороб, який базується на упровадженні стійких сортів, є одним з найважливіших елементів стратегії контролю, оскільки не є затратним для виробника і знижує забруднення довкілля пестицидами та іншими біологічно активними речовинами

(Kljuchevich et al., 2017). Т. Д. Страхов сформулював теорію фізіологічного імунітету рослин до інфекційних хвороб в основу якої було покладено гіпотезу регресивних змін інфекційних структур (гіпоплазія, дегенерація і лізис міцелію) в тканинах рослин. Вчений підтвердив цю теорію для багатьох видів сажкових грибів зернових культур, бурої іржі та борошнистої роси пшениці з використанням добрив, мікроелементів, фітонцидів та різних фізичних і хімічних факторів, які здатні порушити фізіологічний обмін у рослинах і, тим самим, змінити у несприятливий бік умови існування паразита (Jevtushenko et al., 2004). Ним було доведено, що в тканинах рослин, стійких до хвороб, відбуваються регресивні зміни патогенних мікроорганізмів, які пов'язані з дією ферментів рослин (Shapiro et al., 1986).

Головним завданням своєчасного та ефективного захисту посівів є фітосанітарний моніторинг. Перше обстеження посівів озимої пшениці проводиться в осінній (сходи-кущення), наступні – у весняно-літній (кущіння-молочна стиглість зерна) та літній періоди (до повної стиглості). У ході осіннього моніторингу проводять контроль поширення і рівня розвитку корневих гнилей, борошнистої роси, септоріозу, бурої іржі та чисельності комах-фітофагів. У весняний період на особливому контролі знаходиться розвиток корневих гнилей, листових плямистостей, видів іржі, ріжок та шкідливих комах. Фітосанітарний моніторинг складається з системи обстежень, які дозволяють оцінити фізіологічний стан рослин, ступінь ураження їх хворобами та пошкодження комахами-шкідниками (Petrenkova et al., 2016). Фітосанітарний стан – це комплексна система, складовими якої є ряд взаємопов'язаних чинників. Ступінь розвитку збудників хвороб тісно пов'язана з фізіологічним станом рослин, наявністю першоджерела інфекції, фазою розвитку рослин, попередниками, системою обробітку ґрунту, строками сівби, умовами навколишнього середовища та технологією вирощування (традиційна чи органічна) (Petrenkova et al., 2016).

Грибні захворювання становлять основне обмеження для виробництва пшениці. В усьому світі найбільш загрозливими хворобами є три типи іржі (стеблова, листовая і смугаста), фузаріоз, борошніста роса, комплекс плямистостей (головним чином, септоріоз, *Septoria* spp.) (Singh et al., 2016). Хвороби насіння суттєво знижують урожай та якість посівного матеріалу й фуражного зерна (Petrenkova et al., 2014). Значні втрати продукції можуть спричинити хвороби вегетуючих рослин, з якими пов'язано 15–32 % пошкоджень (Gricjuk, 2013; Ret'man & Mihajlenko, 2008). Господарники органічного землеробства, зазвичай, не розглядають хвороби, як важливе обмеження у виробництві пшениці. Це частково пояснюється тим, що сучасні сорти мають високий рівень стійкості й як результат – тиск захворюваності, зазвичай, залишається низьким упродовж усього сезону. Крім того, зменшена кількість азотних добрив, ніж на звичайних полях, та відсутність застоювання регуляторів росту на органічних полях також пов'язані зі зменшенням розвитку борошнистої роси (*Blumeria graminis* (DC) Speer.), бурої іржі (*Puccinia triticina* f. sp. *tritici* Rob. et Desm.), септоріозної плямистості (*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt. In Cohn.) та фузаріозів (*Fusarium* spp.) (Anderson et al., 1991; Lafitte & Edmeades, 1994; Foulkes et al., 1998; Valizadeh et al., 2002).

Звичайна сажка (*Ustilago tritici* Pers.) – найсерйозніша хвороба пшениці у період з початку до середини 1900-х років, наразі ефективно контролюється за допомогою фунгіцидних

обробок насіння у традиційному землеробстві (Line, 2002). Однак, цей метод обробки заборонений стандартами органічної сертифікації. Таким чином, при органічному виробництві було б корисно для здоров'я сільськогосподарських культур, а також з економічної точки зору використовувати сорти, що володіють стійкістю або толерантністю до звичайної і карликової сажок (*Tilletia controversa* Kuhn.) (Blazkova & Bartos, 2002). Звичайна сажка може стати економічно руйнівним захворюванням для фермерів, що вирощують екологічно чисті продукти, якщо не буде розроблена ефективна органічна обробка насіння, або, якщо в сортів пшениці, що використовуються в органічних системах, відсутня генетично обумовлена стійкість (Wächter et al., 2007).

Роль генетичного різноманіття будь-якого біологічного виду очевидна, що було відмічено М. І. Вавиловим і викладено ним у ряді робіт з генетики імунітету (Vavilov, 1964; Vavilov, 1967). Він підкреслює необхідність виведення сортів пшениці з імунітетом до декількох захворювань. Ним доведено, що груповий імунітет виявився широко розповсюдженим явищем серед сортів і видів пшениці по відношенню до бурої, жовтої і стеблової іржі. Найбільш віддалені види пшениці, такі як однозернянка і *Triticum timopheevii* Zhuk. характеризуються найбільш вираженим імунітетом майже до всіх інфекційних захворювань. Це відкриття стало переломним етапом у генетичних дослідженнях, спрямованих на стійкість до дії фітопатогенних факторів. У 50–60-х рр. XX століття використовували стійкість *T. timopheevii* Zhuk. проти збудників стеблової іржі та борошнистої роси (Luk'janenko, 1972), *Agropyron elongatum* (Host) P. Beauv – до стеблової іржі (Knott, 1961). Крім того, стеблова іржа знову стала загрозою в Європі, і в 2018 році вона була виявлена у Великобританії після 60-річної відсутності (Lewis et al., 2018). Відомо, що лише нещодавно стадію статевий рекомбінації збудника смугастої іржі було виявлено на барбарисі та магонії (Zhao et al., 2016). З вивчених матеріалів у голандських органічних фермерів у пріоритеті сорти пшениці стійкі до жовтої іржі (*Puccinia striiformis* Wesst. (синонім *Puccinia glumarum* Erikss. et Henn.), коричневої іржі (*Urocystis tritici* Koern.) та фузаріозу, а потім борошнистої роси та септоріозної плямистості (*Septoria tritici* Rob. et Desm.). Звичайні (неорганічні) фермерські господарства також цікавляться стійкими сортами, але лише тоді, коли це дозволяє їм замінити або значно зменшити обробку фунгіцидами (Vanloqueren & Baret, 2008).

Відомо, що сільськогосподарські культури уражуються 284 видами токсиноутворюючих грибів, у яких виявлено 200 мікотоксинів. Найважливіші серед них – це 10 видів роду *Fusarium*, по 5 – родів *Aspergillus* і роду *Penicillium*, 2 – *Alternaria*, 3 – *Mucor*, які продукують 11 мікотоксинів (Monastyrskij, 2006; Nazarova et al., 2006).

Мікрофлора хворого колосся у Лісостепу України представлена сапрофітами й напівпаразитами, наймасовішими серед яких виступають наступні види грибів, які уражують як генеративні структури, так і зерно: *Cladosporium* sp., *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire., *Acremonium charticola* (Lindau) W. Gams., *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc., *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc., *Rhizoctonia solani* Kuehn. та інші. У період формування зерна на колосі часто зустрічаються види *Rhizopus nigricans* Ehrenb., *Mucor racemosus* Fres., *Mucor mucedo* L. До кінця вегетації вони відзначаються значним розвитком збудників *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link. чи *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. (Sanin, 2004).

Дослідження С. В. Ретьмана показали, що останнім часом на посівах повсюдно спостерігались септоріоз листків і колоса (збудники *S. tritici*, *Stagonospora nodorum* (Berk) Castellani & Germano), піренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechsler), бура листовка іржа (*Puccinia recondite* Rob. et Desm.), борошнеста роса (*E. graminis* (DC), фузаріоз колоса (*Fusarium* spp.) і сажкові хвороби (*Tilletia caries* Tul., *U. tritici* Pers., Jens.), кореневі гнилі (*Fusarium* spp. + *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., *Pseudocercos-porella herpotrichoides* (Fron.) Deighton, *Gacumannomyces graminis* Arx. et Ol.) (Ret'man, 2010; Ret'man et al., 2014).

Серед сажкових хвороб, що уражують пшеницю, найбільш поширена тверда сажка, збудником якої на території України є гриб *T. caries* Tul., (*T. tritici*). Природними джерелами стійкості проти твердої сажки є однозернянки, двозернянки, тверда пшениця, а також тетраплоїдні пшениці *Triticum timopheevii* Zhuk., *T. persicum* Boiss. та гексаплоїдні – *T. spelta* L., *T. zhukovskiy* Menab. У дослідженнях Т. І. Мухи, Л. А. Мурашко, В. Я. Мар'юшкиної, які вивчали 143 сортів пшениці озимої різних селекційних центрів України за стійкістю проти твердої сажки виділилися сорт Ластівка (Селекційно-генетичний інститут), який не мав імунності до цього захворювання. Високу стійкість проти збудника твердої сажки виявили сорти Спасівка, Сотниця (Інститут фізіології рослин і генетики НАН України) та Відрадна (Білоцерківська дослідно-селекційна станція), які уражувалися цим збудником відповідно на 0,5–4,5 %. Решта сортів були сприйнятливими до ураження твердою сажкою (Muha et al., 2020).

Летюча сажка (*Ustilago tritici* Pers.) поширена в усіх зонах вирощування пшениці, ячменю, жита. Шкідливість її полягає в тому, що уражені рослини не утворюють зерна, надземна маса їх на 30–40 % менша, ніж здорових. Хвороба виявляється під час виколосування. При цьому в пшениці майже всі частини колоса, крім стрижнів, перетворюються в рихлу чорну спорову масу ще до виходу з піхви листка. Уражений колос виходить з піхви спочатку вкритий тонкою прозорою оболонкою, крізь яку добре видно чорну масу теліоспор. Зараження пшениці, відбувається під час цвітіння, іноді можливе і після цвітіння. Сприяють ураженню посівів підвищена вологість повітря і високі температури (+18...+24 °C) у фазі цвітіння (ALFA Science). Можна стверджувати, що погодно-кліматичні умови Лісостепу сприяють розвитку збудника, зокрема, й у північно-східному регіоні.

Також поширена така хвороба як піренофороз (жовта плямистість). Збудник – *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechsler. Зустрічається на пшениці і деяких дикорослих злаках. Найбільш шкідливий у південних регіонах України. Хвороба широко поширена також і в інших регіонах, зокрема, у північно-східному Лісостепу, виявлена у Полтавській області (Ret'man et al., 2011). Проте, її діагностика пов'язана з труднощами, бо симптоми піренофорозу нагадують нетиповий септоріоз. Проявляється захворювання з обох сторін листя і листових піхв озимої пшениці та інших злакових культур у вигляді дрібних поодинких або численних плям овальної або округлої форми, жовтого або світло-коричневого забарвлення діаметром 2–5 мм. У центрі плями епідерміс злегка піднятий. За кольором вони не відрізняються від плям при септоріозі, але не утворюють пікнід. Гриб може викликати ураження колоскових лусок. Рослинні залишки і насіння, на яких зберігається міцелій, сумки з сумкоспорами в чорних псевдотеціях визначають як джерела інфекції

(SuperAgronom).

Кореневі гнилі проявляються під час осінньої вегетації, а також поширюються у період весняного куцання і прогресують до молочно-воскової стиглості. Найбільш поширеними є звичайна коренева (гельмінтоспориозна) гниль, фузаріозна, офіобольозна, церкоспорельозна та змішані фузаріозно-гельмінтоспориозна та фузаріозно-церкоспорельозна кореневі гнилі (Mihal'chishena, 2019).

Збудником церкоспорельозної кореневої гнилі є недосконалий гриб *Pseudocercospora herpotrichoides* Fron., який з'являється на пшеничних полях в умовах дощової та холодної осені, теплої зими і прохолодної весни. Перші ознаки хвороби можна визначити за еліпсоподібними світлими плямами з коричневою облямівкою на стеблах. При інтенсивному розвитку цієї хвороби плями перетворюються на кільце, що оперізує стебло рослини пшениці. У період наливу зерна, коли стебло отримує додаткове навантаження від колоса, рослини починають ламатися і посіви вилягають (Muha et al., 2020). Захворювання виявляється всюди (Novohatka et al., 1983). Найбільшою шкоди в Україні завдає на Поліссі, у Західному і Центральному Лісостепу, в Степу на зрошенні. Хвороба викликає безладне вилягання рослин та ламкість стебел біля основи. Недобір урожаю зерна, залежно від інтенсивності розвитку хвороби і фази, в якій відбулося зараження рослини, може сягати 30 % і більше (Mihal'chishena, 2019).

Серед вивчених сортів пшениці відносну стійкість проти збудника корневих гнилей продемонстрували 68 сортів. Найкращими виявилися Лимарівна, Кармен, Збруч (Інститут фізіології рослин і генетики), Запашна, Овідій (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва), Либідь (Білоцерківська дослідно-селекційна станція), Ольжана (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва) та Запорука, Княгиня Ольга, Задумка одеська, Красень (Селекційно-генетичний інститут), інтенсивність ураження яких становила від 3,3 до 8,4 % (Muha et al., 2020).

Звичайна коренева гниль – *Bipolaris sorokiniana* Shoem. Захворювання поширене всюди, але найбільшою шкоди завдає у степовій зоні та Лісостепу України за посушливих умов року, особливо на ярих зернових колосових злаках. Шкодочинність залежить від рівня розвитку хвороби, яка викликає зрідження посівів, пустоколосість або призводить до розвитку неповноцінного колоса з щуплим зерном (SuperAgronom). Хвороба більш інтенсивно розвивається на ослаблених рослинах, її шкідливість підвищується за умов посухи. За умов теплої (температура +20...+28 °C) та вологої погоди (вологість повітря понад 95 %) спостерігається загивання нижніх вузлів і вилягання рослин, тоді хворобу називають темно-бурою плямистістю. За таких умов патоген уражує колоски, проникає в перикарпій і ендосперм, викликає побуріння зародка (такі симптоми називають чорним зародком). Захворюванню сприяє м'яка зима, спочатку суха, потім волога погода, порушення сівозміни, пошкодження посівів низькими температурами (ALFA Science).

Збудником офіобольозної кореневої гнилі є сумчастий гриб *Gaeumannomyces graminis* Arx. et Ol. (син. *Ophiobolus graminis* Sacc.). Гриб інтенсивно розвивається при підвищеній вологості та температурі від +4 до +33 °C (оптимум +19–24 °C). Продуктивність уражених рослин знижується на 40 % і більше. Стійкі сорти відсутні. Іноді в комплексі з цим патогеном прикореневу гниль може викликати і збудник

– *Aureobasidium pullulans* Arnaud. Зберігається гриб на рештках уражених рослин у формі хламідоспор, що утворюються частіше у ланцюжках (LNZweb, 2019).

Збудником ризоктоніозної прикореневої гнилі (гострооблямівова плямистість) є *Rhizoctonia solani* Kuehn. Поширена переважно в степовій та лісостеповій зонах України. У фазі сходів пшениці проявляється на колеоптилі й листових піхвах у вигляді окоподібних плям з чіткою червоно-коричневою обляміркою. Середина плями світліша, ніж при ураженні церкоспорельозом, але найчастіше має характерний дірчастий вигляд. У пізніші фази розвитку рослин ризоктоніоз виявляється на стеблах у вигляді еліпсоподібних плям з тонкою червоно-коричневою обляміркою. Розвитку хвороби сприяє тривала суха і холодна погода восени і навесні, утворення ґрунтової кірки. Найбільш інтенсивний розвиток ризоктоніозу відзначається у фазу трубкування рослин, коли в них активно формуються генеративні органи. Тому ураження в цей період негативно впливає на продуктивну кущистість, на кількість зерен у колосі (Rozora & Sekretar, 2017).

Ураження рослин фузаріозною кореневою гниллю викликають недосконалі гриби з роду *Fusarium*, але найчастіше – *Fusarium culmorum* Sacc., *F. graminearum* Shwabe., *F. gibbosum* Appel. et Woll., *F. oxysporum* Schlecht., *F. solani* Appel. et Woll. та інші. Найбільш інтенсивно коренева система уражується за надмірної вологості ґрунту або її різких коливаннях. Фузаріозна коренева гниль дуже шкідлива у фазі проростків, уповільнюючи їх ріст і розвиток. Хвороба викликає зріджування посівів і відмирання продуктивних стебел. Частина уражених стебел утворює недорозвинений колос з щуплим насінням, інколи спостерігається пустоколосість (Mihal'chishena, 2019).

Слід звернути увагу також на фузаріоз колосу, що спричиняється грибами роду *Fusarium*. Негативні наслідки ураження фузаріозом оцінюються як прямими втратами врожаю (трухлявість зерна, різний рівень щуплості), так і непрямими (зниження врожаю внаслідок зрідження посівів, розвитку корневих гнилей, білоколосості, тобто різних патологій росту та розвитку рослин пшениці озимої) (Muha et al., 2020). Хвороба має широке розповсюдження в Україні, особливо за умов температури від +3 до +35 °C (оптимум становить +15–22 °C) та вологості ґрунту понад 40 % (Mihal'chishena, 2019).

Високостійких проти фузаріозу колосу сортів не виявлено, проте на штучному інфекційному фоні дослідникам вдалося виділити середньостійкі: Чорнява (4,4 %) (ІФРГ), Романтика (4,3 %) (БЦ ДСС), Миронівська ранньостигла (4,0 %) (МІП, ІФРГ), Герта (4,9 %) (Полтавська державна аграрна академія) та Благо (3,3 %) (ІР). Середній розвиток збудника фузаріозу колосу в розсаднику – 5,2 % (Muha et al., 2020).

Борошниста роса проявляється переважно на молодих, активно вегетуючих рослинах. Збудник захворювання – сумчастий гриб *B. graminis* (DC) Speer. (Muha et al., 2020). Хвороба спричинена біотрофним аскоміцетовим грибом і є однією з найбільш руйнівних хвороб пшениці у всьому світі (Wang et al., 2015). Шкодочинність борошнистої роси виявляється, насамперед, у зменшенні асиміляційної поверхні рослин і порушенні транспірації та фотосинтезу (Novahatka, 1983). В зерні зменшується вміст клейковини, білка і крохмалю (Krivchenko, 1980; Nekselä et al., 1990). В Україні борошниста роса поширена в усіх районах вирощування пшениці впродовж усієї вегетації рослин (Tribel', 2004). Істотно уражує

озиму пшеницю в умовах північно-східного Лісостепу (Os'tmachko et al., 2019). У дослідження вчених Т. І. Мухи, Л. А. Мурашко, В. Я. Мар'юшкиної, у середньому за два роки розвиток борошнистої роси на сортах пшениці озимої становив 17,0 %, бурої іржі – 7,0 %, септоріозу листя – 47,9 % (Muha et al., 2020). Залежно від вирощуваних сортів і кліматичних умов року від борошнистої роси гине 14–40 % рослин, що, у свою чергу, призводить до втрати 10–55 % урожаю (Kosilovich & Kononenko, 2010; Re'tman et al., 2014; Sandec'ka & Topchij, 2014). У науковій літературі прослідковується інформація про 70 генів стійкості та їхніх алелів щодо збудника борошнистої роси *B. graminis* (DC) Speer. sp. *tritici* Marchal (Babajanc & Babajanc, 2014). Ці гени були виявлені у 30 локусах (El Klifi et al., 2003; Somers et al., 2006). Серед зразків озимої пшениці з України стабільно високою стійкістю до борошнистої роси за високого потенціалу продуктивності вирізняються сорти Смуглянка, Переяславка, Фаворитка, Золотоколоса, Пивна, Ветеран (Afanas'jeva et al., 2015; Leonov, 2016).

Зросли також частки іржастих хвороб (16,8–22 %) і корневих гнилей (від 24–28 %), які дедалі частіше називають «хворобами сучасних систем землеробства» (Afanas'jeva, 2015). Гриби пшеничної іржі утворюють величезну кількість спор, які можуть розсіюватися вітром на великі відстані (Meyer et al., 2017a, 2017b; Visser et al., 2019).

Бура листовка іржа (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. et Desm.) вважається найпоширенішою серед усіх видів іржі. Збудник хвороби розвивається у всіх районах вирощування пшениці з помірною температурою та вологими умовами, тоді як збуднику стеблової іржі *P. graminis* f. sp. *tritici* (Pgt) сприяють теплі та вологі умови (Figueroa et al., 2018). У Європі смугаста іржа вже була виявлена на початку 1900-х рр. з кількома епідеміями, характеристикою рас і першим набором диференціальних ліній, встановлених у Німеччині на початку 1930-х рр. (Wan et al., 2017). У всьому світі були ідентифіковані різні лінії смугастої іржі, і кожна лінія представляє один або кілька тісно пов'язаних генотипів однієї раси (Ali et al., 2017). Це захворювання спричиняє зменшення асиміляційної поверхні та посилення транспірації рослин, що порушує водний баланс і призводить до передчасного відмирання листя та щуплості зерна. Втрати врожаю за ураження до 40 % становлять 3–4 ц/га, а понад 40 % – перевищують 10 ц/га (Jevtushenko et al., 2004). У масштабах земної кулі на сьогодні під загрозою епіфітотії іржастих хвороб знаходиться 65 млн га сільськогосподарських угідь (Peresipkin, 2000; Moskalec', 2015; Kohmetova & Atishova, 2012; Dermenko et al., 2013). Шкідливість іржастих хвороб полягає в тому, що, гриб розриває епідерміс рослин, утворюючи на ній величезну кількість пошкоджень покривної тканини, на зарубцювання яких вона витрачає значний запас енергетичних і пластичних речовин; викликає порушення фотосинтезу. Наслідком його впливу на рослини є зниження їх продуктивності, зимостійкості і посухостійкості (Jevtushenko et al., 2004). При сильному ураженні рослин бурою іржею у колоссях утворюється менше зерен, вони мають низьку абсолютну масу. Уражені рослини як правило, формують щупле насіння. Недобір урожаю може становити 15-20 % і більше. Чим раніше уражуються рослини іржею, тим більший недобір урожаю від хвороби (Peresipkin, 2000). Бура іржа є найпоширенішою з іржастих. Це специфічне захворювання пшениці, що зумовлює великий недобір урожаю особливо в зонах достатнього зволоження, в Поліссі і Лісостепу України (Tribel', 2004, Vlasenko et al., 2014). У Степу в умовах

зрошення також може спричиняти недобір 20–30 % урожаю зерна (Peresyupkin et al., 1990). На сьогодні відомо понад 40 генів стійкості до бурої іржі (*Lr*) (Lisova, 1999; McDonald & Linde, 2002). Відомо, що ефективними джерелами генів стійкості до збудника є дикі види пшениці – *T. beoticum* Boss., *T. timopheevii* Zhuk., *T. durum* Derf., *T. monococcum* L., *A. squarrosa* L., *A. speltoides* Tausch., *A. elongatum* (Host) Neviski (Singh & Rajaram, 2002). Найефективніші гени стійкості до збудника бурої листкової іржі – *Lr9* і *Lr19*, інтрогресовані відповідно від *Aegilops* *bellulata* й *Agropyron* *elongatum* (Kirichenko & Petrankova, 2012).

Збудники септоріозів – недосконалі гриби з роду *Septoria*. На пшениці озимій зустрічаються *Septoria tritici* Rob. et Desm., *S. graminum* Desm., які уражують переважно листки і їх піхви. На відміну від інших видів, збудник *S. nodorum* Berk. уражує всі надземні органи, в тому числі й колосся (Walther, 1989; Markov, 1998; Jevtushenko et al., 2004). У Лісостепу та Поліссі України найбільш поширеною і шкодочинною є листкова форма септоріозу (*Septoria tritici* Rob et Desm.). Недобір урожаю від септоріозу може сягати понад 20 %. Шкодочинність септоріозу заключається в зниженні асиміляційної поверхні листя і, як наслідок, зниження врожаю. При сильному ураженні пшениці патогеном число зерен у колосі і маса їх зменшується на 22 % (Tapp, 1975). Високої інтенсивності септоріози набувають за умов тривалої вологої і вітряної погоди, опадів, особливо у період цвітіння-колосіння (Thomas et al., 1989). На території України септоріоз зустрічається майже скрізь, причому *S. tritici* спостерігається в усіх зонах вирощування, а *S. nodorum* та *S. graminum* поширюються в лісостеповій та поліській зонах (Petrenkova et al., 2004). Імунні до септоріозу сорти пшениці в Україні відсутні, однак більшість районуваних мають середню стійкість (Kovalishina, 2005, 2014). За морфотипом стійкішими до септоріозу є форми високо- чи середньорослі, пізньостиглі, безості, з інтенсивним нальотом на рослині. Саме такий екотип характерний для сортів з Північної та Західної Європи, а також з Полісся, західного Лісостепу України (Leonov et al., 2004; Lisovij & Lisova, 2015).

З даних фітосанітарного моніторингу Харківської обласної станції захисту рослин септоріоз починав поширення з 1988 року, а з 1998 року хвороба вже була зареєстрована в усіх районах області (Marjutin, 2002). Видовий склад грибів роду *Septoria* на посівах пшениці озимієї включає збудники – *S. tritici* Rob. et Desm. та *S. graminum* Desm. (Chernjaeva & Muraeva, 1992; Petrenkova et al., 2004).

Серед досліджуваних сортів пшениці озимієї виявлено й такі, що мають групову стійкість у різних сполученнях проти твердої сажки, корневих гнилей, фузаріозу колосу, борошнистої роси, бурої іржі, септоріозу листя. Стійкими проти трьох хвороб були Сотниця, Кармен, Каланча (ІФРГ), Запорука, Задумка одеська (СГІ), Відрадна (БЦ ДСС), Запашна, Овідій (ІР); проти чотирьох хвороб – Лимарівна (ІФРГ), Спасівка, Славна, Наталка (ІФРГ, МІП), Ластівка, Княгиня Ольга, Красень, Селянка (СГІ), Либідь (БЦ ДСС), Ольжана (ІР). За стійкістю проти п'яти хвороб виявились сорти Волошкова (МІП, ІФРГ), Смуглянка (ІФРГ, МІП), Журавка одеська (СГІ) (Muha et al., 2020).

Стійкістю проти борошнистої роси та септоріозу листя відрізняються сорти Лимарівна (ІФРГ), Наталка, Смуглянка (ІФРГ, МІП), Волошкова (МІП, ІФРГ), Ластівка, Княгиня Ольга, Красень, Журавка одеська (СГІ), Либідь, Романтика (БЦ ДСС), Ольжана (ІР). Дослідження Г. М. Лісової показало, що

сорти Подолянка, Колумбія, Смуглянка були стабільно стійкими до дії збудника бурої іржі та борошнистої роси за різних епідеміологічних умов, їх можна використовувати у селекційному процесі як джерела стійкості (Lisovij & Lisova, 2004).

Стійкість сорту до патогенів мінлива у часі і просторі. Це пов'язано не тільки з особливостями і коефіцієнтом розмноження паразитів, а й з високою їх мутагенністю, до чого призводить надмірне застосування фунгіцидів (Singh & Rajaram, 2002; Lisovij & Lisova, 2004; Dermenko et al., 2013). При цьому харчова цінність зерна знижується на 20–25 %, а економічні втрати внаслідок такого «забруднення» можуть перевищувати 60 % загальних збитків (Monastyrskij, 2003).

Варто зазначити, що найперспективнішим, екологічно безпечним та економічно вигідним напрямом удосконалення інтегрованої системи захисту пшениці озимієї залишається вирощування сортів, стійких до шкідників і збудників хвороб. Саме цей напрям дає змогу без додаткових затрат мінімізувати втрати врожаю від шкідливих організмів та зменшити енерговитрати на 25–30 % (Eyal et al., 1973). Тому, потрібно враховувати сортові імунологічні властивості. Українські селекціонери активно займаються пошуком шляхів підвищення стійкості сортів пшениці м'якої озимієї.

Науковці Миронівського інституту пшениці займаються дослідженнями найпоширеніших й найбільш шкодочинних листових хвороб, серед яких: борошнеста роса, бура іржа та септоріоз листя. Проведені ними дослідження нових сортів пшениці озимієї показали, що ураження листовими хворобами було у межах від 3 до 15 %. Високу стійкість проти трьох хвороб (до 5 %) упродовж 2016–2019 рр. показали сорти МІП Ассоль, МІП Дніпрянка та Грація миронівська, які були занесені до Державного реєстру 2018 року. Високу стійкість проти двох хвороб (борошнеста роса та бура іржа) – до 5 % – показав сорт Вежа миронівська. Стійкістю (до 10 %) проти трьох хвороб відрізняються сорти Світанок миронівський, Миронівська слава, Балада миронівська та Естафета миронівська (Demidov et al., 2019). Тобто одним із найбільш ефективних способів, що не вимагають при вирощуванні сільськогосподарських культур збільшення витрат, залишається використання у виробництві стійких сортів (Дас'ко, 2019). Останніми роками істотно зросла кількість ідентифікованих генів і отримані дані про регуляцію їх активності різними захисними механізмами. Клонування генів, продукти яких відповідальні за регуляцію генів стійкості, відкриває додаткові можливості для реалізації нових стратегій захисту (Neklesa et al., 1990).

Висновки. Як свідчить аналіз, стійкі сорти виступають основним елементом імунологічного методу захисту і карантину рослин, зокрема за органічного землеробства. При цьому, жоден із методів захисту рослин не забезпечує такої окупності, як імунологічний. Як наслідок, істотно спрощується технологія вирощування та зменшуються енергозатрати завдяки вилученню певних операцій із системи захисту рослин. Актуальними питаннями в органічному землеробстві є дослідження імунологічних властивостей пшениці, біологічного захисту, фітосанітарного фітопатологічного моніторингу, процесу сортозаміни та сортооновлення. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, поповнюється новими стійкими сортами. Актуальним питанням є проведення досліджень комерційних сортів пшениці м'якої озимієї в умовах північно-східного Лісостепу України щодо стійкості проти хвороб за органічної системи вирощування.

Подальші дослідження повинні охоплювати питання щодо моніторингу й встановлення етіології патогенного комплексу пшениці озимої та розробки і удосконалення ефекти-

вних заходів регулювання шкідливих організмів в агроценозах нетрадиційної (органічної) технології вирощування культури.

Бібліографічні посилання:

1. Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), 12–30. doi:10.1016/j.fochx.2020.100089.
2. Remeslo, V. M., & Sajko, V. F. (1975). Sortova agrotehnika pshenici [Varietal agricultural machinery of wheat]. *Urozhaj, Kiiv* (in Ukrainian).
3. Bakumenko, O. M., Os'machko, O. M., & Vlasenko, V. A. (2019). Kombinacijna zdattnist' sortiv pshenyci ozymoї Kryzhynka ta Smugljanka [Combination ability winter wheat varieties Kryzhynka and Smuhlyanka]. *VVP «Mrija-1», Sumy* (in Ukrainian).
4. National Geographic. What the world eats, (2019). Retrieved April 2009. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.nationalgeographic.com/what-the-world-eats/>
5. Ekonomichnyj dyskusijnyj klub (2016). Dinamika ta perspektivi rozvutku rinku organichnoї produkcii v sviti ta v Ukraїni [Dynamics and prospects of development of the market of organic products in the world and in Ukraine.]. <http://edclub.com.ua/analityka/dynamika-ta-perspektyvy-rozvytku-rynku-organichnoyi-produkciji-v-sviti-ta-v-ukrayini> (in Ukrainian).
6. Seufert, V., Ramankuttyab, N., & Mayerhofer T. (2017). What is this thing called organic? – How organic farming is codified in regulations. *Food Policy*, (68)11, 10–20. doi:org/10.1016/j.foodpol.2016.12.009/.
7. Fedorenko, V., & Ret'man, S. (2009). Aktual'ni pitannya zahystu posiviv. [Current issues of crop protection]. *Karantyn i zahyst roslyn*, (3), 1–5 (in Ukrainian).
8. Karen M Nielsen, (2019). Organic Farming. *Encyclopedia of Ecology*, (4)2, 550–558. doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.10603-7
9. Litterick, A. M., & Watson, C. A. (2017). Organic Farming. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, (3)2, 311–317. doi:10.1016/B978-0-12-394807-6.00004-6.
10. Lammerts van Bueren, E. T., Struik, P. C., & Jacobsen, E. (2002). Ecological concepts in organic farming and their consequences for an organic crop ideotype. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 50, 1–26.
11. Murphy, K. M., Campbell, K. G., Lyon, S. R., & Jones, S. S. (2007). Evidence of varietal adaptation to organic farming system. *Field Crops Research*, 102, 172–177.
12. Wolfe, M. S., Baresel, J. P., Desclaux, D, Goldringer, I., Hoad, S., Kovacs, G., & Lammerts van Bueren, E. T. (2008). Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica*, 163, 323–346.
13. Shamanin, V., Salina, E., Wanyera, R., Zelenskiy, Y., Olivera, P., & Morgounov, A. (2016). Genetic diversity of spring wheat from Kazakhstan and Russia for resistance to stem rust Ug99. *Euphytica*, (212)10, 287–296. doi: 10.1007/s10681-016-1769-0
14. Vologdina, G., & Zamlila, N. (2006). Produkcijnij proces ta adaptivnist' u novih sortiv ta linij pshenici ozimoї [Production process and adaptability in new varieties and lines of winter wheat]. *Visnyk Bilocerkivs'kogo NAU*, 37, 154 (in Ukrainian).
15. Povidomlennja NAAN Ukraїny (2016). Naukovci Akademii' – pro stvoreni nymy vysokovrozhajni sorty ta gibrydy sil'skogospodars'kyh kul'tur i perspektyvy ukrai'ns'kogo agropromyslovogo kompleksu. [Scientists of the Academy - about the high-yielding varieties and hybrids of agricultural crops created by them and the prospects of the Ukrainian agro-industrial complex]. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=2683> (in Ukrainian).
16. Bilodid, I. K. (ed.) (1970–1980). *Slovník ukraїns'koї movi: v 11 tt.* [Dictionary of Ukrainian language: in 11 vols]. *Naukova dumka, Kiev* (in Ukrainian).
17. Symonenko, T. V. (2019). Sortoonovlennja ta sortozamina – shljah do pidvishhennja efektyvnosti viroshhuvannja sil'skogospodars'kih kul'tur [Variety renewal and variety replacement – a way to increase the efficiency of growing crops]. [Electronic resource]. Access mode: <https://pereyaslav-rda.gov.ua/news/2019/9933-sortoonovlennia-ta-sortozamina-shliakh-do-pidvyschennia-efektyvnosti-vyroshchuvannia-silskohospodars'kykh-kulturn> (in Ukrainian).
18. Vavilov, N. I., & Dunin, M. S. (1946). *Immunogenez i ego praktičeskoe ispol'zovanie* [Immunogenesis and its practical use]. *Latgosizdat, Riga* (in Russian).
19. Jevtushenko, M. D., Panteleev, V. K., Sijusarenko, O. M., & Lisovij, M. P. (2004). *Imunitet roslyn* [Plant immunity]. *Kolobig, Kiiv* (in Ukrainian).
20. Dmitriev, O. P. (2006). *Sekreti roslinnogo imunitetu* [Secrets of plant immunity]. «Svitogljad», 2(4), 55–57 (in Ukrainian).
21. Ključevich, M. M., Moskalec', V. V., & Moskalec', T. Z. (2017). Ocinka urazhennja sortiv tritikale ozimogo zbudnikami gribnih hvorob [Rating lesions of winter triticale varieties by fungal pathogens]. *V Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Organichne virobništvo i prodovol'čja bezpeka. ZhNAEU, Zhitomir* (in Ukrainian).
22. Shapiro, I. D., Vilkova, N. A., & Slepjan, Je. I. (1986). *Imunitet rasteńij k vrediteljam i boleznjam* [Plant immunity to pests and diseases]. *Agropromizdat, Leningrad* (in Russian).
23. Petrenkova, V. P., Luchna, I. S., & Borovs'ka, I. Ju. (2016). Zalezhnist' fitosanitarnogo stanu posiviv pshenici ozimoї vid pogodnih umov [Dependence of phytosanitary condition of winter wheat crops on weather conditions]. *Visnyk Centru naukovogo zabezpečennja agropromyslovogo virobništva Harkivs'koї oblasti*, 20, 60–68 (in Ukrainian).
24. Singh, R. P., Singh, P. K., Rutkoski, J., Hodson, D. P., He, X., Jørgensen, L. N., Hovmøller, M. S., & Huerta-Espino J. (2016). Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control. *Annual Review of Phytopathology*, (54)1, 303–322. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095835>

25. Petrenkova, V. P., Chernjaeva, I. R., Markova, T. Ju., Vus, E. A., & Klimenko, I. I. (2014). Fitosanitarnij stan [Phytopathological condition]. *Karantin i zahist roslin*, 8, 6–8 (in Ukrainian).
26. Gricjuk, N. V. (2013). Stijkist' sortiv pshenici ozimoï proti fuzarioznoj infekcii zariznih strokiv urazhennja [Resistance of winter wheat varieties against fusarium wilt infection]. *Karantin i zahist roslin*, 10, 2-3 (in Ukrainian).
27. Ret'man, S. V., & Mihajlenko, S. V. (2008). Ozima pshenicia: zahist posiviv vid hvorob [Winter wheat: protection of crops from diseases]. *Karantin i zahist roslin*, 11, 1–4 (in Ukrainian).
28. Foulkes, M. J., Sylvester-Bradley, R., & Scott, R. K. (1998). Evidence for differences between winter wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertilizer nitrogen. *Journal of Agricultural Science*, 130, 29–44.
29. Valizadeh, G. R., Rengel, Z., & Rate, A. W. (2002). Wheat genotypes differ in growth and phosphorus uptake when supplied with different sources and rates of phosphorus banded or mixed in soil in pots. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42, 1103–1111.
30. Anderson, W. K., Seymour, M., & D'Antuono, M. F. (1991). Evidence for differences between cultivars in responsiveness of wheat to applied nitrogen. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42, 363–377.
31. Lafitte, H. R., & Edmeades, G. O. (1994). Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. II. Grain yield, biomass production, and N accumulation. *Field Crops Research*, 39, 15–25.
32. Line, R. F. (2002). Stripe rust of wheat and barley in North America: a retrospective historical review. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 75–118.
33. Blazkova, V., & Bartos, P. (2002). Virulence pattern of European bunt samples (*Tilletia tritici* and *T. laevis*) and sources of resistance. *Cereal Research Communications*, 30, 335–342.
34. Wächter, R., Waldow, F., Müller, K. J., Spiess, H., Heyden, B., Furth, U., & Koch, E. (2007). Charakterisierung der Resistenz von Winterweizensorten und – zuchtlinien gegenüber Steinbrand (*Tilletia tritici*) und Zwergsteinbrand (*T. controversa*). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz*, 59 (2), 30–39.
35. Vavilov, N. I. (1964). Problemy immuniteta kul'turnyh rastenij [Problems of immunity of cultivated plants]. *Izbrannye trudy*, 4. Nauka, Leningrad (in Russian).
36. Vavilov, N. I. (1967). Nauchnye osnovy selekcii pshenicy [Scientific bases of wheat selection]. *Izbrannye proizvedeniya*, 2. Nauka, Leningrad (in Russian).
37. Luk'janenko, P. P. (1972). Dostizhenija i perspektivy v selekcii ozimoy pshenicy [Achievements and prospects in the selection of winter wheat]. *Tez. Doklada II sezda VOGiSim. N. I. Vavilova. Nauka, Moskva* (in Russian).
38. Knott, D. R. (1961). The inheritance of rust resistance. IV. The transfer of stem rust resistance from *Agropyron elongatum* to common wheat, 1, 147.
39. Lewis, C. M., Persoons, A., Bebbler, D. P., Kigathi, R. N., Maintz, J., Findlay, K., Bueno-Sancho, V., Corredor-Moreno, P., Harrington, S. A., Kangara, N., Berlin, A., Garcia, R., Germán, S. E., Hanzalová, A., Hodson, D. P., Hovmöller, M. S., Huerta-Espino, J., Imtiaz, M., Mirza, J. I., & Saunders, D. G. O. (2018). Potential for re-emergence of wheat stem rust in the United Kingdom. *Communications Biology*, 1(1), 13. doi: 10.1038/s42003-018-0013-y
40. Zhao, J., Wang, M., Chen, X., & Kang, Z. (2016) Role of alternate hosts in epidemiology and pathogen variation of cereal rusts. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 207–228.
41. Vanloqueren, G., & Baret, P. V. (2008). Why are ecological, low-input, multi-resistant wheat cultivars slow to develop commercially? A Belgian agricultural 'lock in' case study. *Ecological Economics*, 66, 436–446.
42. Monastyrskij, O. A. (2006). Toksinoobrazujushhie griby i mikotoksin [Toxin-forming fungi and mycotoxin]. *Zashhita i karantin rastenij*, 11, 8–10 (in Russian).
43. Nazarova, L. N., Motovilina, A. A., Korneva, L. G., & Sanin, S. S. (2006). Progressirujushhie bolezni ozimoy i jarovoy pshenicy [Progressive diseases of winter and spring wheat]. *Zashhita i karantin rastenij*, 7, 12–14 (in Russian).
44. Sanin, S. S. (2004). Vlijanie vrednyh organizmov na kachestvo zerna [Influence of harmful organisms on grain quality]. *Zashhita rastenij*, 11, 14–18 (in Russian).
45. Ret'man, S. V. (2010). Pljamistosti ozimoï pshenici. Poshirennja shkidlivist' ta konceptual'ni osnovi zahistu [Spots of winter wheat. The spread of malware and the conceptual framework of protection]. *Koloobig, Kiiv* (in Ukrainian).
46. Ret'man, S. V., Kislih, T. M., & Shevchuk, O. V. (2014). Dinamika rozvitku hvorob listja pshenici ozimoï [Dynamics of winter wheat leaf disease]. *Karantin i zahist roslin*, 10, 6–8 (in Ukrainian).
47. Muha, T. I., Murashko, L. A., & Mar'jushkina, V. Ja. (2020). Sorti pshenici ozimoï iz grupovoju stijkistju proti hvorob dlja Lisostepu Ukraini [Varieties of winter wheat with group resistance to diseases for the Forest-Steppe of Ukraine]. *Agronom*, 2, 64–66 (in Ukrainian).
48. ALFA Science. Enciklopedija shkidlivih ob'ektiv (Hvorobi zernovih kolosovih kul'tur). Letjucha sazhka. [Electronic resource]. Access mode: https://alfasmartagro.com/alfa-science/harmful_objects/diseases_cereals/letyucha_sazhka/ (in Ukrainian).
49. SuperAgronom / Pirenoforoz, zhovta pljamistist' [Yellow leaf spot]. [Electronic resource]. Access mode: <https://superagronom.com/hvorobi-grib/pirenoforoz-jovta-plyamistist-pshenitsya-id16372> (in Ukrainian).
50. Ret'man, S. V., Shevchuk, O. V., & Gorbachova, N. P. (2011). Hvorobi listja i kolosa [Diseases of leaves and ears]. *Karantin i zahist roslin*, 4, 25–27 (in Ukrainian).
51. Mihal'chishena, N. A. (2019). Korenevi gnili zernovih kul'tur [Root rot of cereals]. [Electronic resource]. Access mode: <https://consumerhm.gov.ua/1278-korenevi-gnili-zernovikh-kultur> (in Ukrainian).
52. Novohatka, V. G., Vlasenko, V. A., & Doroshenko, N. V. (1983). K izucheniju ustojchivosti sortoobrazcov ozimoy pshenicy k kornevoj gnili *Cercospora herpotrichoides* Fron. (Selekcija i osobennosti agrotehniki pshenicy) [To study the resistance of winter

wheat cultivars to root rot *Cercospora herpotrichoides* Fr. (Selection and features of wheat farming techniques)]. Sb. nauch. tr. Mironovskij NII sel. i semen. pshen, 110–114 (in Russian).

53. SuperAgronom. Zvichajna koreneva gnil' [Common root rot]. [Electronic resource]. Access mode: <https://superagronom.com/hvorobi-grib/zvichajna-koreneva-gnil-pshenitsya-yariy-yachmin-id16356> (in Ukrainian).

54. ALFA Science. Enciklopedija shkidlivih ob'ektiv (Hvorobi zernovih kolosovih kul'tur). Zvichajna koreneva gnil'. [Electronic resource]. Access mode: https://alfasmartagro.com/alfa-science/harmful_objects/diseases_cereals/zvichajna_koreneva_gnil/ (in Ukrainian).

55. LNZweb (2019). Ofiobul'ozna koreneva gnil' [Ofiobolic root rot]. [Electronic resource]. Access mode: <https://lnzweb.com/ru/blog/of-obolozna-koreneva-gnil> (in Ukrainian).

56. Rozora, L., & Sekretar, J. (2017). Vchasna diagnostika jak zasib poperedzhennja intensivnogo rozvitku korenevih gnilej zernovih kul'tur [Timely diagnosis as a means of preventing the intensive development of root rot of cereals]. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.syngenta.ua/news/zernovi/vchasna-diagnostika-yak-zasib-poperedzhennja-intensivnogo-rozvitku-korenevih-gniley> (in Ukrainian).

57. Wang, Z., Li, H., Zhang, D., Guo, L., Chen, J., Chen, Y., Wu, Q., Xie, J., Zhang, Y., Sun, Q., Dvorak, J., Ming-cheng, L., & Zhiyong, L. (2015). Genetic and physical mapping of powdery mildew resistance gene MIHLT in Chinese wheat landrace Hulutou. *Theor Appl Genet*, 128, 365–373. doi: 10.1007/s00122-014-2436-2

58. Novohatka, V. G. (1983). Sozdanie ishodnogo materiala dlja selekcii ozimoi pshenicy, ustojchivogo k muchnistoj rose (*Erysiphe graminis* Ds. F. Sr. *tritici* Magshal.) [Creation of a source material for selection of the winter wheat steady against a powdery mildew (*Erysiphe graminis* Ds. F. Sr. *tritici* Magshal)]. *Nauchnye trudy Mironovskogo instituta pshenicy imeni V. M. Remesla*, 9, 116–126 (in Russian).

59. Krivchenko, V. I. (1980). Izuchenie ustojchivosti zlakovyh kul'tur k muchnistoj rose : metodicheskie ukazanija [Study of the resistance of cereals to powdery mildew: guidelines.]. Leningrad, 78 (in Russian).

60. Neklesa, N. P., Bystrickaja, V. N., & Srizhekozina, Ju. A. (1990). Prognoz srokov pojavlenija muchnistoj rosy, ee vredonosnosti i zashhita ozimoi pshenicy ot boleznej: rekomendacii [Forecast of the timing of the appearance of powdery mildew, its harmfulness and protection of winter wheat from diseases: recommendations]. Moskva, 23 (in Russian).

61. Tribel, S. O. (2004). Stijki sorti. Radikal'ne rozv'jazannja problemi zmeshennja vtrat urozhaiv vid shkidlivih organizmiv [Resistant varieties. Radical solution to the problem of reducing crop losses from pests]. *Karantin i zahist roslin*, 6, 6–7 (in Ukrainian).

62. Os'machko, O. M., Vlasenko, V. A., Bakumenko, O. M., Je, Tao, & Oshomok, T. V. (2019). Ocinka stijkosti do boroshnistoï rosi zrazkiv *Triticum aestivum* L. [Estimation of resistance to powdery mildew of samples of *Triticum aestivum* L.]. 4th WWSRRN CIMMYT v umovah pivnichno-shidnogo lisostepu Ukraini. *Genetichni resursi roslin*, 24, 74 (in Ukrainian).

63. Kosilovich, G. O., & Kononenko, Ju. M. (2010). Porivnjal'na charakteristika genetichnoi strukturi populjacii zbudnika boroshnistoï rosi jachmenju v Lisostepu Ukraini [Comparative characteristics of the genetic structure of the population of the pathogen of barley powdery mildew in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Mizhvidomchij tematichnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 56, 81–89 (in Ukrainian).

64. Ret'man, S. V., Kislih, T. M., & Shevchuk, O. V. (2014). Karlikova sazhka pshenicy ozimoï [Dwarf smut of winter wheat]. *Karantin i zahist roslin*, 2, 1–3 (in Ukrainian).

65. Sandec'ka, N. V., & Topchij, T. V. (2014). Efektivnist' sumisnogo zastosuvannja fungicidiv i pozakorenevoi obrobki dobrivami v zahisti ozimoï pshenicy vid gribnih zahvorjuvan' [The effectiveness of the combined use of fungicides and foliar fertilization in the protection of winter wheat from fungal diseases]. *Fiziologija rastenij i genetika*, (46), 2, 171–178 (in Ukrainian).

66. Babajanc, O. V., & Babajanc, L. T. (2014). Osnovy selekcii i metodologija ocenok ustojchivosti pshenicy k vzbuditeljam boleznej [Fundamentals of selection and methodology for assessing the resistance of wheat to pathogens]. VMV, Odessa (in Russian).

67. El Klifi, Oum., Chamlal, Hakita, Sharma, Hari & Benlhabib, Ouafac. (2003). Interspecific cross between durum wheat and *Aegilops geniculata* to transfer resistanceto bassian fly (*Mayetiola destructor* Say.). *Acta bot. malas*, 28, 149–154.

68. Somers, D. J., Fedak, G., Clarke, J. & Wenguang, C. (2006). Mapping of FHB resistance QTLs in tetraploid wheat. *Genome*, 49, 586–1593.

69. Afanas'eva, O. G., Golosna, L. M., Lisova, G. M., Bojko, I. A., & Kucherova, L. O. (2015). Donori ta dzhherela stijkosti pshenicy ozimoï proti osnovnih zbudnikov gribnih hvorob [Donors and sources of resistance of winter wheat against the main pathogens of fungal diseases]. *Mizhvidomchij tematichnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 61, 30–39 (in Ukrainian).

70. Leonov, O. Ju. (2010). Zakonomirnosti pojavu oznaki stijkosti do boroshnistoï rosi sered zrazkiv genofondu pshenicy n'jakoï [Regularities of manifestation of the sign of resistance to powdery mildew among the samples of the gene pool of bread wheat]. *Zbirnik naukovih prac' SGI-NCNS*, 6(56), 208–220 (in Ukrainian).

71. Afanas'yeva, O. G. (2015). Stijkist' sortozrazkiv pshenicy ozimoï proti zbudnika cercosporelozu [Resistance of winter wheat cultivars against the pathogen cercosporiosis]. *Karantin i zahist roslin*, 6, 35 (in Ukrainian).

72. Meyer, M., Burgin, L., Hort, M. C., Hodson, D. P., & Gilligan, C. A. (2017a). Large scale atmospheric dispersal simulations identify likely airborne incursion routes of wheat stem rust into Ethiopia *Phytopathology*, 107(10), 1175–1186. doi: 10.1094/PHYTO-01-17-0035-FI

73. Meyer M., Cox J. A., Hitchings M. D. T., Burgin L., Hort M. C., Hodson D. P., & Gilligan C. A. (2017b). Quantifying airborne dispersal routes of pathogens over continents to safeguard global wheat supply *Nat. Plants* 3(10), 780–786. doi: 10.1038/s41477-017-0017-5

74. Visser, B., Meyer, M., Park, R. F., Gilligan, C. A., Burgin, L. E., Hort, M. C., Hodson, D. P., & Pretorius, Z. A. (2019). Microsatellite analysis and urediniospore dispersal simulations support the movement of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* from southern

Africa to Australia *Phytopathology*, 109(1), 133–144. doi: 10.1094/phyto-04-18-0110-r

75. Figueroa, M., Hammond-Kosack, K. E., & Solomon, P. S. (2018). A review of wheat diseases—a field perspective. *Molecular Plant Pathology*, 19(6), 1523–1536. doi: 10.1111/mpp.12618

76. Wan, A., Wang, X., Kang, Z., & Chen, X. (2017) Variability of the Stripe Rust Pathogen. In: Chen X., Kang Z. (eds) *Stripe Rust*. Springer, Dordrecht., 35–154. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1111-9_2

77. Ali, S., Rodriguez-Algaba, J., Thach, T., Sørensen, C. K., Hansen, J. G., & Lassen, P. (2017) Yellow rust epidemics worldwide were caused by pathogen races from divergent genetic lineages. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1057. doi: 10.3389/fpls.2017.01057

78. Moskalec', T. V., Kljukevich, M. M., & Moskalec', V. V. (2015). Stijkist' ozimih tritikale i pshenici m'jakoï proti Puccinia recondite Dietel & Holw [Stability winter triticale and bread wheat against Puccinia recondite Dietel & Holw]. *Karantin i zahist roslin*, 6, 1–3 (in Ukrainian).

79. Dermenko, O. P., Panchenko, Ju. S., & Gavriljuk, L. L. (2013). Zahist pshenici ozimoï vid buroï listkovoï irzhi [Protection of winter wheat from brown leaf rust]. *Karantin i zahist roslin*, 5, 9–11 (in Ukrainian).

80. Kohmetova, A. M., & Atishova, M. N. (2012). Identifikacija istochnikov ustojchivosti k steblevoj rzhavchine pshenicy s ispol'zovaniem molekularnykh markerov [Identification of sources of resistance to stem rust of wheat using molecular markers]. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 16(1), 132–141 (in Russian).

81. Peresipkin, V. F. (2000). Sil's'kogospodars'ka fitopatologija [Agricultural phytopathology]. *Agrarna osvita*, Kiïv (in Ukrainian).

82. Vlasenko, V. A., Os'machko, O. M., & Bakumenko, O. M. (2014). Stijkist' sortiv pshenici ozimoï proti buroï irzhi v umovah pivnichno-shidnogo Lisostepu Ukraïni [Resistance of winter wheat varieties against brown rust in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Tezi dopovidej derzhavnoï nauk.-prakt. konf. Novitni tehnologii v roslinnictvi*. BNAU, Bila Cerkva (in Ukrainian).

83. Peresyppkin, V. F., Kirik, N. N., & Lesovoj, M. P. (1990) *Bolezni sel'hohozjajstvennykh kul'tur* [Diseases of agricultural crops]. (T.1). Urozhaj, Kiev (in Russian).

84. McDonald, B. A., & Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 40(1), 349–379.

85. Lisova, G. M. (1999). Markeri geniv stijkosti pshenici proti zbudnika buroï irzhi i ih vikoristannja pri stvorenni sortiv, stijkih proti hvorobi [Markers of genes for resistance of wheat against the pathogen of brown rust and their use in the creation of varieties resistant to disease]. *Zahist roslin*, 11, 10–11 (in Ukrainian).

86. Singh, R. P., & Rajaram, S. (2002). Breeding for disease resistance in wheat. In: *Bread wheat. Improvement and production*. FAO plant production and protection series. Rome, 30, 141–156.

87. Kirichenko, V. V., & Petrenkova, V. P. (2012). ta inshi. Osnovi selekcii pol'ovih kul'tur na stijkist' do shkidlivih organizmiv [Fundamentals of selection of field crops for resistance to pests], Harkiv (in Ukrainian).

88. Jevtushenko, M. D., Marjutina, F. M., Turenko, V. P., Zherebko, V. M., & Sekun, M. P. (2004). *Fitofarmakologija* [Phytopharmacology]. Vishha osvita, Kyiv (in Ukrainian).

89. Walther, H. (1989). Septoria – Resistenz als quantitative und stadienbedingte Resistenz. *Slechteni pšenice na odolnost proti chorobam: sbornic referatu s porady o slechteni pšenice na rezistenci proti chorobam, konane ve Srupicich ve dnech 14–16. 3. 1988 v ramci tristzanne spoluprace ve slechteni pšenice, NDR-PLR-CSSR-Stupice*, 71–98.

90. Markov, I. L. (1998). *Praktikum iz sil's'kogospodars'koï fitopatologii* [Workshop on agricultural phytopathology]. Urozhaj, Kiïv (in Ukrainian).

91. Tarr, S. (1975). *Osnovy patologii rastenij* [Fundamentals of plant pathology]. Mir, Moskva (in Russian).

92. Thomas, M. R., Cook, R. J., & King, J. E. (1989). Factors affecting development of Septoria tritici in winter wheat and its effect on yield. *Plant Pathol.*, (38)4, 246–257. doi: 10.1016/0168-1699(94)90022-1

93. Petrenkova, V. P., Chernjaeva, I. M., Chernobaj, L. M., & Vus, Je. A. (2004). Vihidnij material dlja selekcii ozimoï ta jaroï pshenici do septoriozu [Source material for selection of winter and spring wheat for septoria]. *Visnik HNAU, Harkiv*, 5, 83–86 (in Ukrainian).

94. Petrenkova, V. P., Chernjaeva, I. M., & Markova, T. Ju. (2004). Nasinnieva infekcija pol'ovih kul'tur [Seed infection of field crops]. *Naukovi praci Institutu roslinnictva im. V. Ja. Jur'eva, Harkiv* (in Ukrainian).

95. Kovalishina, G. M. (2014). Stijkist' sortiv pshenici ozimoï proti hvorob [Resistance of winter wheat varieties against diseases]. *Mizhvidomchij tematicnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 60, 151–158 (in Ukrainian).

96. Kovalishina, G. M. (2005). Harakteristika Mironivs'kih sortiv ozimoï pshenici zastijkistju shhodo hvorob [Characteristics of Myronivka varieties of winter wheat resistant to diseases]. *Mizhvidomchij tematicnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 51, 43–49 (in Ukrainian).

97. Leonov, O. Ju., Zaharova, N. M., Strel'cova, I. B., Moroz, N. V., & Babushkina, T. V. (2004). Skринing kolekcii ozimoï m'jakoï pshenici za stijkistju do septoriozu (Septoria tritica Rob. Et Desm.) [Screening of winter soft wheat collection for resistance to septoria (Septoria tritica Rob. Et Desm.)]. *Selekcija ta nasinnictvo*, 88, 9–11 (in Ukrainian).

98. Lisovij, M. P., & Lisova, G. M. (2015). Shljahi zmini patogenosti gribiv – zbudnikov hvorob roslin [Ways to change the pathogenicity of fungi – pathogens of plant diseases]. *Mizhvidomchij tematicnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 61, 8–197 (in Ukrainian).

99. Marjutin, F. M., & Ravashdeh, Z. B. (2002). Septoriozna pljamistist' listja [Septoria leaf spot]. *Zahist roslin*, 8, 4–5 (in Ukrainian).

100. Petrenkova, V. P., Rabinovich, S. V., Chernjaeva, I. M., & Chernobaj, L. M. (2004). Genetichna stijkist' ozimoї ta jariї pshenic' do listovih hvorob [Genetic resistance of winter and spring wheat to leaf diseases]. Selekciya i nasinnictvo: mizhvid. temat nauk. Zbirnik, 88, 116–127 (in Ukrainian).

101. Chernjaeva, I. N., & Muraeva, E. V. (1992). Poisk istochnikov ustojchivosti dlja selekcii septoriozoustojchivyh sortov ozimoi pshenicy [Search for sources of resistance to breeding septoria-resistant varieties of winter wheat]. Tez. dokl. Mezhdun. semin: Upravlenie geneticheskoi izmenchivost'ju sel'skozajstvennyh rastenij, Jalta, 52–53 (in Russian).

102. Lisovij, M. P., & Lisova, G. M. (2004). Osoblivosti stijkosti prirodnihi fitocenozi protipatogenu ta shljahi її vikoristannja v selekcii sil'skogospodars'kih kul'tur [Features of resistance of natural phytocenoses of antipathogen and ways of its use in selection of agricultural crops]. zb. tez dop. mizhnar. nauk.-prakt. konf Integrovanih zahist roslin na pochatku. Kolobig, Kiiv 673–678 (in Ukrainian).

103. Lisovij, M. P., & Lisova, G. M. (2004). Metodichni osnovi stvorennja sztuchnih infekcijnih foniv patogeniv v selekcii na stijkist' [Methodical bases of creation of artificial infectious backgrounds of pathogens in selection on resistance]. Mizhvidomchij tematchnij zbirnik zahist i karantin roslin, 50, 41–51 (in Ukrainian).

104. Monastyrskij, O. A. (2003). Biozashhita zernovyh kul'tur ot toksikogennyh mikroorganizmov [Bioprotection crops from toxicogenic microorganisms]. Zashhita i karantin rastenij, 2, 5–8 (in Russian).

105. Eyal, Z., Amiri, Z., & Wahl, J. (1973). Physiologic specialization of *Septoria tritici*. *Phytopathology*, (63), 1087–1091. doi: 10.1094/Phyto-63-1087.

106. Demydov, O., Muha, T., & Gumenjuk, O. (2019). Stijkist' novih sortiv ozimoї pshenici proti listkovih hvorob [Resistance of new varieties of winter wheat against leaf diseases]. «Propozycja», 9. [Electronic resource]. Access mode: <https://propozitsiya.com/ua/stiykist-novyh-sortiv-ozymoi-pshenicy-proti-lystkovyh-hvorob>

107. Dac'ko, L. V. (2019). Stijkist' novih sortiv roslin do starih hvorob [Resistance of new plant varieties to old diseases]. [Electronic resource]. Access mode: <http://integro.co.ua/stijkist-novyh-sortiv-roslin-do-starih-hvorob/>

Bashlai A. G., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Vlasenko V. A., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

REACTION OF WINTER WHEAT PLANTS TO PHYTOPATHOGENS IN THE PROJECTION ON ORGANIC AGRICULTURE

Wheat is one of the important cereals consumed by human being. The potential loss of the harvest from the complex of pests in crops is 37 %. Modern agriculture is heading towards the production of eco-friendly products meaning that the organic sector of agriculture has a rapid development. The certified organic agricultural land area in our country as of 2015 was 410.6 thousand hectares, and the global land area is only 1 %. Current trends of the development of organic technology of wheat cultivation were considered, its features were defined. The main diseases (types of root rot, leaf spots, including septoria, powdery mildew, types of rust, smut, fusarium wilt etc.) and the problems associated with them, that hinder the development of global organic production have been detected. The diseases of growing plants that are linked with the damage of 15–32 % will cause product losses. The essence of the terms "phytosanitary condition", "plant immunity", "variety replacement" was described. It is determined that the most radical, most promising, environmentally safe and cost-effective way to improve the integrated system of winter wheat protection is the cultivation of varieties that are resistant to pests and pathogens. Our analysis confirms that resistant varieties have proven to be the main advantage of immunological method of plant protection and quarantine. They are considered as the basics of organic technology. Knowledge of plant protection mechanisms against pathogens is increasing significantly. As a result, the number of identified genes and data on the regulation of their activity by various defense mechanisms is growing. Unconventional cultivation technology stimulates the search for new methods, techniques and measures. The main prospects and directions of improvement of the domestic organic sector are substantiated.

The state register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine is being updated with new varieties. The issue of conducting research on commercial varieties of bread winter wheat in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine under the organic system of cultivation in relation to disease resistance remains relevant.

Key words: plant immunity, cultivar, pathogens, organic farming technology, strain renovation, variety replacement.

Дата надходження до редакції: 29.12.2019 р.

ДОМІНУЮЧІ ГРИБНІ ХВОРОБИ СУНИЦІ САДОВОЇ (*FRAGARIA ANANASSA* DUCH.) В УКРАЇНІ

Борзих Олександр Іванович

доктор сільськогосподарських наук, академік НААН України
 Інститут захисту рослин НААН України, м. Київ, Україна
 ORCID: 0000-0002-9802-5622
 plant_prot@ukr.net

Ткаленко Ганна Миколаївна

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
 Інститут захисту рослин НААН України, м. Київ, Україна
 ORCID: 0000-0001-9448-6600
 microbiometod@ukr.net

Черній Володимир Олегович

аспірант
 Інститут захисту рослин НААН України, м. Київ, Україна
 ORCID: 0000-0003-4351-0097
 volodymyr93chernyy@gmail.com

Нині площі вирощування суниці садової збільшуються з кожним роком. Її цінують за непримхливість до ґрунтових умов, раннє та швидке досягання плодів, стабільну врожайність і стійкість до низьких температур. Але дослідники відзначають скорочення врожайності на площах, що зайняті промисловими насадженнями суниці у садівних господарствах через негативний вплив поширення грибних хвороб. Сіра гниль (*Botrytis cinerea* Pers), вертицильозне в'янення (*Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth.), біла (*Ramularia tulasnei* Sacc) та бура (*Marssonina potentillae* P. magn. f. *Fragaria* Man.) плямистості, фітофторозне в'янення (*Phytophthora fragariae* Hick), фітофторозна шкіркова гниль (*Phytophthora cactorum* (Leb. et Sahn.) є домінуючими грибними хворобами суниці садової на території України. Біла плямистість уражає листя, черешки, квітконоси, чашолистки і плодоніжки суниці садової. При ураженні хворобою спостерігають появу червоно-коричневих плям, що з часом набувають білого забарвлення і навколо з'являється темно-червоний обідок. Бура плямистість, в основному, завдає шкоди листю суниці, що впливає на фотосинтез рослини. Ознаками цієї хвороби є поява світло-оливкових плям, що згодом жовтіють, а на нижньому боці листка утворюється наліт від світло-сірого до зелено-бурого забарвлення. Гриб сірої гнилі уражає листки, квітки та плоди суниці садової. На плодах утворюється «пушок» із конідій. Вони розм'якшують, змінюють колір на бурий і загнивають. Зараження суниці вертицильозом відбувається через кореневу систему. Після проникнення збудника у рослину спостерігають утворення хлоротичних плям. Згодом листя жовтіє, засихає, провідні тканини руйнуються і рослина гине. Г. Ф. Говоровою описано дві форми перебігу фітофторозного в'янення суниці садової. При першій формі спостерігають зміну забарвлення листя від червоного до жовто-бурого, яке згодом в'яне та засихає. Сама рослина відстає у рості. Друга форма розвитку хвороби уражає кореневу систему. Корені набувають сірого або коричневого забарвлення та відмирають. Ознаки прояву фітофторозної шкіркової гнилі помітні на коренях суниці пізно восени, а на надземних органах – навесні. На кореневій шийці утворюються бурі кільцеві плями, які переходять гниль. З'являються некрози на стеблі та жилках листків, після чого молоде листя сповільнює ріст і засихає. При ураженні рослини патогенами спостерігається зниження врожайності: біла плямистість спричиняє 10–30 %, бура плямистість – до 50 %, сіра гниль – 30 %, в'янення (фітофторозне, вертицильозне) та фітофторозна шкіркова гниль – до 50–60 %. Отже, оскільки грибні хвороби спричиняють зниження врожайності та якості видового складу суниці, необхідно розробити систему захисту, використовуючи при цьому агротехнічні, біологічні та хімічні методи боротьби, а також дослідити поширення та шкідливість домінуючих грибних хвороб на насадженнях суниці садової в Україні.

Ключові слова: суниця садова, патоген, сіра гниль, вертицильозне в'янення, біла і бура плямистості, фітофторозне в'янення, фітофторозна шкіркова гниль.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.2>

Вступ. Суниця – важлива та найпопулярніша ягідна культура, яка займає перше місце у світовому виробництві ягід. За останні роки у світі зафіксовано збільшення виробництва цієї рослини (FAO STAT, 2014). За статистичною інформацією у 2018 році в Україні вирощено 138,3 тис. т ягід, найбільшу частину з яких становить суниця – 62,3 тис. т, друге і третє місця належать смородині та малині (DSSU, 2019). Суниця корисна для людини як джерело макро- і мікроелементів, вітамінів та антиоксидантів, що сприяють зміцненню здоров'я (Giampieri et al., 2015; Garrido-Bigotes et al., 2018; Ill-jashenko & Aleksjejeva, 2015). Культура суниць поширена в

усіх зонах плодівництва нашої країни (Kondratenko, 2014). Асортимент суниці садової або суниці ананасної надзвичайно широкий. Нині у реєстрі сортів рослин України налічується 51 сорт суниці садової вітчизняної селекції (DRSR, 2018). Основною проблемою при вирощуванні суниці є висока схильність до ураження багатьма патогенними організмами, включаючи гриби, віруси, бактерії та нематоди (Li & Liu, 2019; Tabet Zatlá et al., 2017; Gao et al., 2015). З економічної точки зору грибні захворювання завдають великих збитків при вирощуванні ягідної культури, які можуть викликати зараження всіх частин рослини та спричинити серйозні пошкодження

або відмирання (Jia et al., 2016; Petrasch et al., 2019; Toljamo, et al., 2016).

Домінуючими захворюваннями суниці садової на території України є плямистості (біла і бура), сіра гниль, вертицильозне в'янення, фітофтороз, втрати урожаю від яких доходять до 50–60 % (Sinjavin, 2018; Skorejko & Andriichuk, 2017). Одними із найбільш поширених грибних хвороб суниці садової є біла і бура плямистості, які призводять до пошкодження листків та зменшення їх фотосинтезуючих властивостей, ослаблення рослин і значного зниження врожаю: на 15–25 % – біла плямистість, на 7–9 % – бура плямистість (Carisse & McNealis, 2019; Govorova & Govorov, 2004). Вивченням поширення білої плямистості на території України займалися різні дослідники (Markovs'kyj & Bahmat, 2008; Gadzalo et al., 2007).

Метою роботи є дослідження поширення та шкідливості домінуючих грибних хвороб, вивчення їх впливу, розвитку та поширення на культурі *Fragaria ananassa* Duch. на основі огляду літературних джерел.

Результати. Розвиток грибної хвороби виникає за наявності трьох основних факторів: збудника хвороби (патогенного організму), рослини-господаря та оптимальних умов навколишнього середовища для розвитку патогена. Ці фактори призводять до зниження стійкості сортів суниці до будь-якої грибної хвороби, а також впливають на життєздатність збудника, при цьому збільшуючи чи знижуючи його агресивність. Характер цих взаємовідносин змінюється у тому чи іншому напрямі та має вплив на інтенсивність прояву хвороби. Патоген, який уражає рослину, отримує від неї необхідні елементи живлення і викликає патологічний процес, що супроводжується певними симптомами.

Біла плямистість, або рамуляріоз (збудник гриб *Ramularia tulasnei* Sacc (*Mycosphaerell afragarie* Tul.) суниці вперше описали у 1863 р. брати Тюлене. Збудник зимує на живих та відмерлих листках рослин, уражує листя, черешки, квітконоси, чашолистки і плодоніжки. За ураження з'являються червоно-коричневі плями, згодом плями біліють і навколо них з'являється темно-червоний обідок. На початку літа, у фазі бутонізації та цвітіння під час росту та розвитку рослини, спостерігають масовий прояв ураження суниці білою плямистістю. Ступінь ураження листя хворобою суттєво залежить від кліматичних умов у вегетаційний період. Для розвитку захворювання сприятливими умовами є часті опади, особливо у травні–червні, загущена висадка кущів та температура +18 °–+23 °C (Gromova, 1967). При випаданні великої кількості опадів біла плямистість сильно уражає суницю садову протягом всього вегетаційного періоду. Гриб може уражувати до 70 % листя, половина з яких відмирає, що призводить до зниження урожаю на 10–30 % (Burlaka & Rusin, 2012). Важливим прийомом у боротьбі з білою плямистістю є закладка плантацій із застосуванням здорового посадкового матеріалу та використання сортів, стійких до хвороби або із низьким ступенем ураження цим збудником.

Гриб *Marssonina potentillae* P. magn. f. *Fragaria* Man. є збудником **бурої плямистості**. Хвороба досить поширена по всій території України та набуває широкого розвитку у другій половині літа. Перші ознаки прояву брурої плямистості суниці садової відмічають під час цвітіння. На поверхні низько розташованого листя формуються світло-оливкові плями, які з подальшим розвитком хвороби набувають жовтого кольору, а на нижньому боці проявляється світло-сірий або зелено-

бурий наліт. Пізніше у центральній частині плям формується спороношення гриба у вигляді чорних крапок. Уражені листки суниці в'януть та засихають. Плоди і стебло збудником не уражуються, але їм не вистачає енергії, оскільки інтенсивність фотосинтезу суттєво знижується в уражених листках (Gel' & Rozhko, 2011). Розвитку хвороби сприяють часті поливи та дощі, загущеність і забур'яненість насаджень. За сприятливих для розвитку збудника умов урожай суниці знижується до 50 % (Smith & Cartwright, 2008). У роки сильного розвитку брурої плямистості уже на початкових фазах розвитку рослин листя засихає, що у подальшому істотно впливає на формування майбутнього урожаю і зимостійкість суниці садової.

Гриб *Botrytis cinerea* Pers є збудником **сірої гнилі**, яка поширена і шкідлива, особливо у регіонах з великою кількістю опадів і нестачею тепла. Втрати врожаю можуть сягати 80–96 %. Але, за даними дослідників О. З. Метлицького, Н. А. Холод та І. А. Ундріцова, завдяки створенню стійких до хвороби сортів суниці і хімічних обробок, втрати рідко перевищують 15 % за оптимальної кількості опадів і 30 % у роки з великою кількістю опадів (Metlickij et al., 2000). Зазвичай інфекція має прихований характер і за винятком вологих умов, не проявляється аж до досягання ягід. Гриб уражує листки, квітки та плоди суниці. На плодоніжках, квітконосах і зав'язі утворюються бурі плями, після чого ці органи висихають. На ураженій тканині утворюється «пушок» із конідій. Найбільш типово уражаються плоди суниці. На них утворюються розмішковані, бурі плями, які швидко збільшуються, і плоди загнивають (Carisse, 2016; Sedova & Ogor'cova, 1999). Оптимальні умови для розвитку гриба сірої гнилі, за яких хвороба швидко розвивається, є висока вологість (70–80 %), температура повітря +15 °...+20 °C (мінімальна +5 °C, а максимальна +30 °C), густо насаджена та погано провітрювана ділянка (Rasiukeviciute et al, 2018).

Вертицильоз, або в'янення (*Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth.) – зараження суниці хворобою відбувається через кореневу систему, гіфи гриба проникають у місцях пошкодження кореня. Хвороба проявляється у певні періоди росту: у перший місяць після висадки на виробничій площі, у кінці вегетації на рослині та восени, коли відбувається зниження температури і підвищення вологості. Після проникнення збудника в рослину, подальший розвиток захворювання проходить у провідній системі. Спочатку на нижніх листках формуються великі хлоротичні плями, що надалі призводять до пожовтіння і засихання листків, симптоми поширюються згодом по всій рослині. З розвитком хвороби провідні тканини руйнуються, що, у свою чергу, призводить до зменшення поглинання води, і рослина в'яне. Шкідливість вертицильозу проявляється у швидкій втраті врожаю та з часом – у відмиранні уражених кущів. Уражені рослини відмирають відразу, або упродовж двох–трьох років (Kamed'ko & Rughach'ev, 2017). Г. Ф. Говорова описує два типи перебігу хвороби. За першим – на легких піщаних ґрунтах рослини гинуть за чотири–п'ять днів, за іншим – на суглинистому ґрунті відбувається більш тривалий перебіг захворювання (Govorova & Govorov, 2004).

Фітофторозне в'янення дуже небезпечне захворювання, що викликається збудником псевдогрибом *Phytophthora fragariae* Hick, доволі розповсюджене за кордоном. Уперше захворювання виявлено та описано в м. Ланар-

кшир, Шотландія (1920 р). Зазвичай перше інфікування збудником відбувається при закладенні насаджень неякісним посадковим матеріалом, завезеним з-за кордону (Gao, et al., 2015; Toljamo, et al., 2016). Описано дві форми перебігу хвороби. При першій формі молоде листя змінює відтінок на сіро-блакитний, деформується та залишається дрібним. Рослини дуже відстають у рості, плоди дрібнішають або зовсім не формуються. Листя змінює забарвлення до червоного або жовто-бурого відтінку, в'яне та засихає. Рослини відмирають протягом двох–трьох років. При другій формі розвитку хвороба вражає кореневу систему, бічні та додаткові корені відмирають. Корені починають відмирати з кінчиків та набувають сіре або коричневе забарвлення. Осьовий циліндр коненя червоніє, що дуже добре спостерігається на повздовжньому розрізі. Рослини відмирають за декілька днів, іноді хвороба вражає тільки квітконоси (Govorova, 1970).

Фітофторозна шкіркова гниль (*Phytophthora sacorum* (Leb. et Cohn.)) уражує значну частину кісточкових та плодкових культур, але однією із найбільш чутливих до захворювання є суниця садова. Симптоми ураження фітофторозом можуть бути помітні на коренях суниці пізно восени, але на надземних органах рослин вони не проявляються до весни. Зазвичай, навесні, з відновленням вегетації суниці, у місцях застою води рослини уповільнюють ріст, мало плодоносять, або гинуть до початку плодоношення. В'янення починається з нижніх листків, які перевертаються та лягають верхнім боком на ґрунт. На кореневій шийці та біля основи квітконосів спостерігають бурі кільцеві плями, які згодом переходять у гниль. Відбувається некроз кореневої системи, молоді листки деформуються та відстають у рості. При підвищеній вологості на листках спостерігаються коричневі маслянисті плями. На стеблі та жилках листків з'являються некрози. У фазі цвітіння спостерігається почорніння серцевини квітки. Зав'язь набуває бурого кольору, сповільнює ріст та засихає (Hudler, 2013; Govorova, 1970). Значної шкоди шкіркова гниль завдає плодам. Зелені плоди вкриваються бурими плямами, які поступово займають всю поверхню, плід стає шкірястим

та щільним. На достигаючих плодах утворюються жовто-коричневі плями з темним центром. На стиглих ягодах з'являються коричневі тверді плями, погіршуються смакові якості (Eikemo & Stensvand, 2015; Gromova, 1967). За даними досліджень Г. Ф. Говорової загибель насаджень суниці та недобір врожаю за вирощування нестійких сортів до фітофторозу може сягати 60–100 % (Govorova, 1970).

Аналіз літературних джерел показав, що домінуючими хворобами на насадженнях суниці садової є буро та біла плямистості. В Україні вивченням поширення і розвитком плямистостей займаються А. В. Синявін (Sinjavin, 2018), В. С. Бурлака та О. О. Русін (Burlaka & Rusin, 2012), в інших державах – Г. Ф. Говорова та Д. Н. Говоров (Govorova, & Govorov, 2004), О. Carisse та V. McNealis (Carisse & McNealis, 2019). Плямистості погіршують процес фотосинтезу, що, в свою чергу, призводить до зменшення урожайності насаджень та якості плодів, а також погіршують фізіологічний стан рослини. Розвиток хвороби залежить від сприятливості погодних умов, при високій вологості більш шкідливою є сіра гниль, яка проявляється під час досягання плодів та вражає всю рослину. Для обмеження шкідливого впливу хвороби на насадженнях суниці садової необхідно використовувати стійкі сорти та хімічні засоби захисту. Вивченням сірої гнилі займається низка вчених (Metlyckij et al., 2000; Carisse, 2016; Rasiukeviciute et al, 2018).

Висновки. Суниця садова є однією з основних рослин серед ягідних культур, та лідером у світовому виробництві ягід. З кожним роком площі її насаджень збільшуються, що призводить до швидкого поширення та розвитку хвороб. Грибні хвороби займають провідне місце серед видового складу хвороб суниці, які знижують її врожайність та якість ягід. Необхідно навчитися ідентифікувати хвороби на початкових стадіях розвитку, щоб запобігти їх поширенню. Отже, для зниження шкідливості грибних хвороб необхідно використовувати стійкі сорти суниці садової та розробляти систему захисту з використанням агротехнічних, хімічних та біологічних методів.

Бібліографічні посилання:

1. FAO STAT. (2017). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Database. Rome, Italy: FAO. Retrieved October 9, 2017. [Electronic resource]. Access mode: <http://Faostat3.Fao.Org/Home/E>.
2. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (2019). Roslynyctvo Ukrainy. Statystychnyj zbirnyk, 2018. Kyiv (in Ukrainian).
3. Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparini, M., Alvarez-Suarez, J. M., Afrin, S., Bompadre, S., Quiles, J. L., Mezzetti, B. & Battino, M. (2015). Strawberry as a Health Promoter: An Evidence Based Review. *Food Funct.* 6(5), 1386–1398. doi: 10.1039/C5FO00147A
4. Garrido-Bigotes, A., Figueroa, P. M. & Figueroa, C. R. (2018). Jasmonate metabolism and its relationship with abscisic acid during strawberry fruit development and ripening. *J. Plant Growth Regul.* 37(1), 101–113. doi: 10.1007/s00344-017-9710-x
5. Illjashenko, Je. S., & Aleksjejeva, O. M. (2015). Porivnjal'na agroekonomichna ocinka tovarnyh i universal'nyh nasadzen' sunyci sortiv Honejo i Al'bion v umovah Pivdenного Stepu Ukrainy [Comparative agro-economic assessment of commodity and universal strawberry plantations of Honey and Albion varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine] *Materialy naukovo-praktychnoi konferencii «Integrovani tehnologii' vyroshhuvannja ta zberigannja produktiv roslynyctva za umov Stepovoi zony Ukrainy», Melitopol'*, T DATU, 1, 20–23 (in Ukrainian).
6. Kondratenko, P. V., Shevchuk, L. M., & Barabash, L. O. (2014). Jagidnyctvo Ukrainy–stan i perspektyvy rozvytku [Berry growing of Ukraine – a condition and prospects of development]. *Sadivnyctvo*, 68, 103–110 (in Ukrainian).
7. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlja poshyrennia v Ukraini na 2018 rik [State Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2018] (2018). MAP Ukrainy, Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslyn. Kyiv, 400–402 (in Ukrainian).
8. Li, W. H., & Liu, Q. Z. (2019). Changes in fungal community and diversity in strawberry rhizosphere soil after 12 years in the greenhouse. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(3), 677–687. doi: 10.1016/S2095-3119(18)62003-9
9. Tabet Zatta, A., Dib, M. E. A., Djabou, N., Ilias, F., Costa, J., & Muselli, A. (2017). Antifungal activities of essential oils

and hydrosol extracts of *Daucus carota* subsp. *sativus* for the control of fungal pathogens, in particular gray rot of strawberry during storage. *Journal of Essential Oil Research*, 29(5), 391–399. doi: 10.1080/10412905.2017.1322008

10. Gao, R., Cheng, Y., Wang, Y., Guo, L., & Zhang, G. (2015). Genome sequence of *Phytophthora fragariae* var. *fragariae*, a quarantine plant-pathogenic fungus. *Genome announcements*, 3(2). doi: 10.1128/genomeA.00034-15

11. Jia, H., Jiu, S., Zhang, C., Wang, C., Tariq, P., Liu, Z., Wang, B., Cui, L. & Fang, J. (2016). Abscisic acid and sucrose regulate tomato and strawberry fruit ripening through the abscisic acid-stress-ripening transcription factor. *Plant Biotechnol. J.*, 14(10), 2045–2065. doi: 10.1111/pbi.12563

12. Petrasch, S., Knapp, S. J., Van Kan, J. A. L., & Blanco-Ulate, B. (2019). Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Mol. Plant Pathol.*, 20, 877–892. doi: 10.1111/mpp.12794

13. Toljamo, A., Blande, D., Kärenlampi, S., & Kokko, H. (2016). Reprogramming of strawberry (*Fragaria vesca*) root transcriptome in response to *Phytophthora cactorum*. *PLoS One*, 11(8), e0161078. doi: 10.1371/journal.pone.0161078

14. Sinjavina, A. V. (2018). Osoblyvosti rozvytku i poshyrennja pljamystostej sunyci sadovoï u shidnij chastyini Lisostepu Ukraïny [Features of development and distribution of beach neighbors of the garden in the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu im. VV Dokuchajeva. Serija: Fitopatologija ta entomologija*, 1–2, 118–121 (in Ukrainian).

15. Skorejko, A. M., & Andrijchuk, T. O. (2017). Biopreparaty proty fitoftorozy sunyci [Biologicals against late blight of strawberries]. *Karantyn i zahyst roslyn*, 1–3, 25–26 (in Ukrainian).

16. Carisse, O., & McNealis, V. (2019). Development of Action Threshold to Manage Common Leaf Spot and Black Seed Disease of Strawberry Caused by *Mycosphaerella fragariae*. *Plant disease*, 103(3), 563–570. doi: 10.1094/PDIS-06-18-1107-RE

17. Govorova, G. F. & Govorov, D. N. (2004). Zemljanika: proshloe, nastojashhee i budushhee [Strawberries: present, past, future]. Moskva: FGNU «Rosinformagrotekh», 348 (in Russian).

18. Markovskiy, V. S., & Bakhmat, M. I. (2008). Yahidni kultury v Ukraini [Berry crops in Ukraine]. *Navchalnyi posibnyk. Kamianets-Podilskyi: PP Medobory 2006*. 200 (in Ukrainian).

19. Hadzalo, Ya. M., Shestopal, S. Ya., & Shestopal H. S. (2007). Intensyvni tekhnologii vyroshchuvannia yahidnykh kultur [Intensive technologies for growing berry crops]. *Svit, Lviv*.

20. Gromova, G. A. (1967). Fitofloroz zemlyaniki [Late blight of strawberries]. *Zashchita i karantin rastenij*, 7, 44–45 (in Russian).

21. Burlaka, V. S., & Rusin, O. O. (2012). Efektyvnist' racional'nogo zastosuvannia himichnyh zasobiv zahystu sunyci proty biloï pljamystosti [The effectiveness of the rational use of chemical protection of strawberries against white spot]. *Zbirnyk naukovykh prac' Instytutu bioenergetychnykh kul'tur i cukrovyyh burjakiv*, 14, 148–152 (in Ukrainian).

22. Hel, I. M. & Rozhko, I. S. (2011). Sunytsia: biolohiia, sorty, tekhnologii vyroshchuvannia ta pererobky [Strawberries: biology, varieties, technologies of cultivation and processing]. Lviv, *Ukrainskyi bestseler*, 110 (in Ukrainian).

23. Smith, S. & Cartwright, R. (2008). Strawberry. *Plant Health Clinic News, Univ. Of Arkansas Division of Agriculture*, 6.

24. Metlickij, O. Z., Holod, N. A., & Undricova, I. A. (2000). Gribnye bolezni cvetov i plodov sadovoj zemlyaniki, mery bor'by s nimi (analiticheskij obzor) [Fungal diseases of flowers and fruits of garden strawberries, measures to combat them (analytical review)]. *Deponirovana v spravochno-informacionnom fonde Vsesoyuznogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Tekhnicheskoy Estetiki. Agroprom pod №18 VS-2000*, 182 (in Russian).

25. Carisse, O. (2016). Epidemiology and Aerobiology of *Botrytis* spp. In *Botrytis—the Fungus, the pathogen and its management in agricultural systems*. Springer, Cham. 127–148. doi: 10.1007/978-3-319-23371-0_7

26. Sedova, E. N., & Ogoľ'covej, T. P. (1999). Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur [Program and methodology for the variety study of fruit, berry and nut crops]. *Orel: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut selekcii plodovyh kul'tur*, 608 (in Russian).

27. Rasiukeviciute, N., Rugienius, R., & Šiksnianiene, J. B. (2018). Genetic diversity of *Botrytis cinerea* from strawberry in Lithuania. *Zemdirbyste-Agriculture*, 105(3). doi: 10.13080/z-a.2018.105.034

28. Kamed'ko, T. N., & Pugachyov, R. M. (2017). Metodika ocenki gibridnyh seyancev zemlyaniki sadovoj na ustojchivost' k verticilleznomu uvyadaniyu [Methodology for evaluating hybrid seedlings of garden strawberry for resistance to verticillium wilt]. *Gorki, Belorusskaya gosudarstvennaya ordenov i sel'skohozyajstvennaya akademiya*, 34 (in Russian).

29. Govorova, G. F. (1970). Fitofloroznaya kozhystaya gnii' plodov i ustojchivost' k nej zemlyaniki [Late blight leathery fruit rot and strawberry resistance to it]. *Tr. Krymskoj opytno-selekcionnoj stancii VIR*, 5, 233–237 (in Russian).

30. Hudler, G. W. (2013). *Phytophthora cactorum* Forest *Phytophthoras*, 3(1). doi: 10.5399/osu/fp.3.1.3396

31. Eikemo, H., & Stensvand, A. (2015). Resistance of strawberry genotypes to leather rot and crown rot caused by *Phytophthora cactorum*. *Eur. J. Plant Pathol.*, 143, 407–413. doi: 10.1007/s10658-015-0685-9

Borzykh O. I., Doctor (Agricultural Sciences), Academician NAAS of Ukraine, Plant Protection Institute National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv, Ukraine

Tkalenko G. M., Doctor (Agricultural Sciences), Senior Research Fellow, Plant Protection Institute National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv, Ukraine

Chernii V. O., PhD Student, Plant Protection Institute National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv, Ukraine

DOMINANT FUNGAL DISEASES OF GARDEN STRAWBERRIES (*FRAGARIA ANANASSA* DUCH.) WITHIN THE TERRITORY OF UKRAINE

Today, the area under strawberries is growing every year. Because it is valued for its unpretentiousness to soil conditions, early and rapid fruit ripening, stable yields and resistance to low temperatures. But researchers note a reduction in yields in areas occupied by industrial strawberry plantations in horticultural farms due to the negative impact of the spread of fungal diseases. Gray mold (*Botrytis cinerea* Pers), verticillium wilt (*Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth.), white spot (*Ramularia tulasnei* Sacc) and brown spot (*Marssonina potentillae* P. magn. f. *Fragaria* Man.), late wilting (*Phytophthora fragariae* Hick), late blight (*Phytophthora cactorum* (Leb. et Cohn.) are the dominant fungal diseases of garden strawberries in Ukraine. White spot affects the leaves, petioles, peduncles, sepals and stalks of garden strawberries. When affected by the disease, the appearance of reddish-brown spots is observed, which eventually acquire a white color and a dark red rim appears around. Brown spot mainly damages the leaves of strawberries, which affects the photosynthesis of the plant. Signs of this disease are the appearance of light olive spots, which later turn yellow, and on the underside of the leaf a plaque from light gray to green-brown color is formed. Gray mold fungus affects the leaves, flowers and fruits of garden strawberries. A "fluff" of conidia is formed on berries. They soften, change color to brown and rot. Infection of strawberries with verticillium wilt occurs through the root system. After penetration of the pathogen into the plant, the formation of chlorotic spots is observed. Eventually, the leaves turn yellow, dry up, the conductive tissues are destroyed and the plant dies. Two forms of phytophthora wilting of garden strawberries are described. In the first form, the color of the leaves changes from red to yellow-brown, which then withers and dries. The plant itself lags behind in growth. The second form of the disease affects the root system. The roots turn gray or brown and die. Signs of late blight rot are visible on the roots of strawberries in late autumn, and on the aboveground organs in the spring. Brown ring spots are formed on the root neck, which turn into rot. Necrosis appears on the stem and veins of the leaves, after which the young leaves slow down their growth and dry up. When the plant is affected by pathogens, there is a decrease in yield: white spot causes 10–30 %, brown spot – up to 50 %, gray mold – 30 %, wilting (late blight, verticillium wilt) and late blight – up to 50–60 %. Therefore, since fungal diseases cause a decrease in yield and quality of the species composition of strawberries, it is necessary to develop a system of protection, using agronomic, biological and chemical methods of control.

Key words: garden strawberry, pathogen, gray mold, verticillium wilt, white and brown spots, late blight, late blight skin rot.

Дата надходження до редакції: 15.01.2020 р.

«ВАКАЛІВСЬКІ СХИЛИ» – ПОТЕНЦІЙНИЙ ЛАНДШАФТНИЙ ЗАКАЗНИК МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ НА СУМЩИНІ

Говорун Олександр Володимирович

кандидат біологічних наук, доцент
Сумський державний педагогічний університет ім. А. С. Макаренка, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-6626-1241
a.govorun76@gmail.com

Сіра Ольга Євгенівна

аспірантка
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна
ORCID: 0000-0001-9098-7213
olya.bevkh@gmail.com

Вертель Владислав Вікторович

молодший науковий співробітник
Природний заповідник «Михайлівська цілина», м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-7662-7585
vertelvladislav@gmail.com

Дармостук Валерій Вікторович

аспірант
Херсонський державний університет, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0003-1430-1755
valeriidarmostuk@gmail.com

У статті представлено наукове обґрунтування балкового комплексу неподалік с. Вакалівщина Сумського району Сумської області як перспективного ландшафтного заказника місцевого значення «Вакалівські схили» та запропоновано природоохоронний режим цієї території. За даними публічної кадастрової карти України території перспективного ландшафтного заказника зазначені як землі запасу. Площа заказника «Вакалівські схили» складає 52,37 га.

Дослідження біорізноманіття проводили з 2014 по 2020 роки. При цьому використовували маршрутно-польовий метод для вивчення флори і ліхенобіоти та стандартні ентомологічні методи – для вивчення ентомофауни. Інвентаризація флористичного біорізноманіття показала наявність 128 видів вищих судинних рослин, з яких чотири види є регіонально рідкісними (*Campanula persisifolia* L., *Muscari neglectum* Guss. ex Ten., *Ranunculus illyricus* L., *Jurinea arachnoidea* Bunge.) та один вид (*Adonis vernalis* L.) представлений у Червоній книзі України і Міжнародному списку охорони природи.

На території перспективного заказника знайдено рідкісні лишайники *Sarcosagium campestre* (Fr.) Poetsch & Schied. та *Peltigera didactyla* (With.) J. R. Laundon. Останній є кандидатом до запланованого Червоного списку Сумської області, а біотопи, в яких ці лишайники зростають, потребують збереження. В результаті ентомологічних досліджень було зареєстровано шість видів комах, що занесені до Червоної книги України (*Papilio machaon* (L.), *Iphiclides podalirius* (L.), *Parnassius tnetosyne* (L.), *Zerynthia polyxena* (Den. & Schiff), *Aglaia tau* (L.), *Catocala fraxini* (L.)) та двадцять видів комах, що входять до списку регіонально рідкісних видів. Для забезпечення ефективного збереження біорізноманіття та природних комплексів зазначеної території розроблено природоохоронний режим його території відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України».

Балкова система з лучно-степовим фітоценозом має особливе природоохоронне, наукове, естетичне та освітнє значення. Перспективна природоохоронна територія повинна бути створена, з метою збереження ландшафтного та біологічного різноманіття, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу в регіоні та забезпечення фонових моніторингу навколишнього природного середовища.

Ключові слова: охорона природи, природно-заповідний фонд, флора, лікарські рослини, суходільні луки, ліхенобіота.
DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.3>

Вступ. Інтенсивний розвиток сільського господарства в Україні призвів до значного зниження ландшафтного різноманіття. Ступінь розораності земель Сумського району становить 55,44 %, а площа заповідних територій – 4981,84 га, частка від загальної площі району – 2,69 % (Boychenko et al., 2019). Такий низький «показник заповідності» не можна вважати задовільним, адже Постановою Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 № 385 «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2020 року» (Pro zatverdzennia Derzhavnoi stratehii regionalnoho rozvytku na period

do 2020 roku, 2019) передбачено збільшення площі заповідності Сумської області до 18 %, або до 429 тис. га. Тож виникає необхідність у поліпшенні кількісних та якісних показників природно-заповідного фонду (далі – ПЗФ) Сумського району.

Нині найменш порушеними ділянками в межах Середньоруської височини можна вважати балкові екосистеми, на схилах яких збереглися лучні та лучно-степові угруповання. Однією з таких територій є система балок, що розташована в околицях с. Вакалівщина Сумського району. Враховуючи те,

що система балок знаходиться неподалік від навчально-наукового стаціонару Сумського державного педагогічного університету ім. А.С.Макаренка (далі – СДПУ ім. А.С.Макаренка), то створення на цій території ландшафтного заказника буде важливим кроком для збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, а також проведення багаторічних моніторингових досліджень.

Мета статті – надати наукове обґрунтування щодо створення ландшафтного заказника місцевого значення «Вакалівські схили», а також запропонувати природоохоронний режим цієї території.

Матеріали і методи досліджень. Матеріалами даної роботи послуговували результати польових досліджень авторів з 2014 по 2020 роки. Дослідження флори та ліхенофлори проводили маршрутно-польовими методами. Назви видів рослин наведено відповідно до «Catalogue of Life» (Species 2000 & ITIS Catalogue of Life). Ентомологічні дослідження проводили стандартними ентомологічними методами: ручний збір та за допомогою повітряного сачка, косіння тощо. До спостережень та відлову комах були залучені студенти природничо-

географічного факультету під час проходження ними польових практик з біології. Картографічний матеріал розроблений за допомогою програмного забезпечення QGIS 3.4.

Потенційний для заповідання об'єкт розташований у північно-східній частині Сумського району неподалік с. Вакалівщина у межах Битицької сільської ради та складається з двох відокремлених одна від одної ділянок. Географічні координати центра північної ділянки (кадастровий номер – 5924781500:03:001:0143, площа – 11,5304 га): широта – 51°1'35.68"N, довгота – 34°55'1.29"E, центра південної ділянки (кадастрові номери – 5924781500:03:001:0145, 5924781500:03:001:0144 та 5924781500:03:001:0146, площа – 40,8422 га): широта 51°1'9.66"N, довгота – 34°54'40.09"E. За даними публічної кадастрової карти України зазначені земельні ділянки перебувають у комунальній власності Битицької сільської ради як землі запасу (земельні ділянки кожної категорії земель, які не надані у власність або користування громадянам чи юридичним особам). Площа – 52,3726 га (рис. 1).



Рис. 1. Картохема місця розташування проєктованого ландшафтного заказника.

Територіально об'єкт знаходиться в межах Охтирсько-Сумського відроду Середньоруської височини, а відповідно до фізико-географічного районування України – в межах Тростянецько-Сумського району Сумської схилово-височинної області Середньоруської лісостепової провінції Лісостепової зони Східноєвропейської рівнинної країни. За схемою фізико-географічного районування Сумського Придніпров'я вона входить до складу Псельсько-Хорольського району Роменсько-Конотопського округу Лівобережно-Дніпровської провінції (Neshataev et al., 2005). Відповідно до геоботанічного районування у Європейсько-Сибірській лісостеповій

області Східно-Європейської провінції Великочернечинського підрайону Краснопільсько-Тростянецького геоботанічного району Сумського округу Середньоруської лісостепової підпровінції (Andrienko et al., 1977; Didukh & Shelyag-Sosonko, 2003). Відповідно до зоогеографічного районування об'єкт знаходиться в межах Лівобережної підділянки ділянки Східно-Європейського листяного лісу та лісостепу району мішаного листяного лісу та лісостепу Східно-Європейського округу Європейсько-Західно-Сибірської провінції Бореальної Європейсько-Сибірської підобласті Палеоарктичної області.

Результати. В Сумській області ділянки з лучною та

лучно-степовою рослинністю, що є типовими та досить поширеними у минулому, нині майже повністю розорані. Деякі рослини угруповання суходільних луків збереглися на верхніх та середніх частинах балок і, зрідка, на підвищеннях заплачних лук, проте останні пройшли стадію пасовищної дигресії чи сінокосіння. Зокрема, однією з таких територій є балкова система в околицях с. Вакалівщина, в межах якої розташований перспективний заказник.

Перспективний ландшафтний заказник являє собою схили балок, які зайняті угрупованнями суходільних луків та лучних степів. Рослинні комплекси у достатній мірі репрезентують типову диференціацію на різних частинах балкової системи, а той факт, що ділянка не зазнавала критичного антропогенного навантаження (її використовували як сінокіс та пасовище), впливає на значне флористичне та фауністичне багатство. Зокрема, під час проведення навчально-польової практики було відмічено значне різноманіття тварин (комахи, плазунів, птахів).

Інвентаризація флористичного різноманіття території, що плануються для розширення ПЗФ є важливою складовою комплексної оцінки флористичної репрезентативності та подальшої ролі у збереженні регіонального біорізноманіття загалом (Kagalo & Resler, 2012). За даними А. П. Вакала рослинність суходільних луків території дослідження представлена переважно угрупованнями *Agrostidetum (alba) – festucosum (valesiacae)*, *Agrostidetum – trifoliosum (montani)*, *Dactyletum – agrostidosum (albae)*, *Lolietum (perenni) – trifoliosum (pratensis)*, *Agrostidetum – elitrigiosum* (Vakal, 2018). Проективне покриття травостою досліджуваної території коливається від 50 % у верхній частині схилів балок до майже 98 % у її середніх та нижніх частинах.

Флора перспективного ландшафтного заказника налічує принаймні 128 видів вищих судинних рослин із 29 родин та 93 родів. Серед провідних родин представники *Asteraceae* (38 видів), *Fabaceae* (14 видів), *Poaceae* (12 видів) та *Rosaceae* (6 видів), що є характерним для суходільних луків Лівобережного лісостепу. Враховуючи кількість родів та родин, можна говорити про високе флористичне різноманіття. Незважаючи на те, що дана територія межує з сільськогосподарськими угіддями, що також у певній мірі змінює її ценоморфічний склад, кількість видів, що складають рудеральну фракцію незначна та становить менше 30 % (Sira, 2016; Sira 2017). Таким чином, за умови науково обґрунтованого природоохоронного менеджменту відбудуватиметься відновлення природного стану лучних ценозів за рахунок зменшення рудеральних видів (Sira & Gamulya, 2016).

Одним з важливих показників соціологічного статусу видів є представленість у Червоній книзі України та у Міжнародному списку охорони природи. У верхній частині балки нами виявлено місцезростання горлиці весняної (*Adonis vernalis* L.), що занесений до Червоної книги України (далі – ЧКУ) (Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit, 2009), списку Міжнародного союзу охорони природи (IUCN 2020), де має статус Least Concern (LC), та занесений до додатку конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (CITES 2020).

На території перспективного заказника було знайдено чотири види рослин, занесених до Переліку видів тварин, рослин і грибів, що підлягають особливій охороні на території Сумської області (далі – Список регіонально рідкісних видів),

а саме: дзвоники персиколісти (*Campanula persifolia* L.), гадюча цибулька китицецвіта (*Muscari neglectum* Guss. ex Ten.), жовтець ілірійський (*Ranunculus illyricus* L.) та наголоватка павутиниста (*Jurinea arachnoidea* Bunge.) (Andriyenko & Peregrym, 2012; Panchenko & Ivanets, 2019).

Важливим природним ресурсом, що становить національне багатство є лікарські рослини. Найбільші можливості щодо їх різнобічного вивчення, охорони, збереження, раціонального використання, моніторингу видового складу та запасів створюються саме на територіях ПЗФ (Porova, 2017). Серед 128 виявлених видів флори 30 видів є лікарськими. Часто рослини, що використовують в офіцинальній фармакопеї, вивчають саме у природному середовищі для виявлення найбільш сприятливих умов, при якому рівень потрібних біологічно активних речовин є найбільшим, для подальшого впровадження їх в культуру (Skybitska, 2003). Серед лікарських рослин, що найчастіше зустрічаються на території проєктованого заказника: *Achillea nobilis* L. (деревій благородний), *Agrimonia eupatoria* L. (парило звичайне), *Artemisia absinthium* L. (полін гіркий), *Carlina vulgaris* L. (дев'ятисил звичайний), *Equisetum arvense* L. (хвощ польовий), *Galium verum* L. (підмаренник справжній), *Hypericum perforatum* L. (звіробій звичайний), *Origanum vulgare* L. (материнка звичайна), *Taraxacum officinale* F.H.Wigg. (кульбаба лікарська) та ін.

Лишайники перспективного заказника вивчали провізорно, з метою визначення загального видового списку ліхенобіоти. Загалом, на території перспективного заказника виявлено 37 видів лишайників. Серед них цікавою та важливою для збереження функціонування трав'янистих угруповань балок є група епігейних видів. Вони зростають у міждернинних проміжках на схилах різного нахилу та експозиції, старих мурашниках, відкритих ділянках ґрунту зоогенного походження тощо. Особливої уваги заслуговує знахідка *Sarcosagium campestre* (Fr.) Poetsch & Schied. – рідкісного ефемерного лишайника, що відомий з двох локалітетів в Україні (Zelenko & Kondratyuk, 1994). Також, важливою є знахідка *Peltigera didactyla* (With.) J. R. Laundon – вид, який є кандидатом до нового видання Списку регіонально рідкісних видів. Для нього характерним є фрагментарне поширення на території Сумської області, тому виявлення та збереження нових локалітетів є важливою складовою подальшої охорони виду. В цілому, ліхенобіота перспективного заказника представлена рідкісними видами та їх угрупованнями для Середньоруської височини, тому потребує комплексної охорони та науково обґрунтованого природоохоронного менеджменту.

Під час маршрутних досліджень комах в околицях с. Вакалівщина, саме на ділянках двох балок перспективного ландшафтного заказника спостерігається значне збільшення їх різноманіття. Крім того, впродовж останніх 5 років на цій території реєструються рідкісні види комах, які занесені до ЧКУ (Chervona knyha Ukrainy. Tvarynnyi svit, 2009) – махаон *Papilio machaon* (L.), подалірій (*Iphiclides podalirius* (L.)), мнемозина (*Parnassius mnemosyne* (L.)), поліксена (*Zerynthia polyxena* (Den. & Schiff)), сатурнія руда (*Agria tau* (L.)), стрічкарка блакитна (*Catocala fraxini* L.). Комахи та хеліцерові зі Списку регіонально рідкісних видів (Pro zakhody shchodo posylennya okhorony ridkisnykh ta znykayuchykh vydiv roslyn, tvaryn i hrybiv, shcho pidlyhayut osoblyvyi okhoroni na terytorii Sumskoi oblasti, 2019): аріона тигрова (*Argiope bruennichi* (Scop.)), та

рантул південно-російський (*Lycosa singoriensis* (Lax.)), богомол звичайний (*Mantis religiosa* (L.)), вусач-тесляр (*Ergates faber* (L.)), карапузик плоскушка (*Hololepta plana* (S.)), світляк звичайний (*Lampyris noctiluca* (L.)), жук-носорог (*Oryctes nasicornis* (L.)), рогач синій (*Platycerus caraboides* (L.)), бронзівка мармурова (*Protaetia marmorata* (F.)), рогачик однорогий (*Sinodendron cylindricum* (L.)), мурашиний лев звичайний (*Myrmeleon formicarius* L.), стрічкачка вербова (*Catocala electa* (V.)), бражник малий винний (*Deilephila porcellus* (L.)), чубатка дубова (*Drymonia ruficornis* (Hufn)), пасманець саффо (*Neptis sappho* (Pal)), мураха чорний деревоточець (*Camponotus vagus* (Scop.)), бджолиний вовк (*Philanthus triangulum* (Fabricius)), дзюрчалка-джмелевидка (*Volucella bombylans* (L.)), львинка звичайна (*Stratiomys chamaeleon* (L.)), жужжало велике (*Bombylius major* L.) (Hovorun, 2018; Hovorun, & Bilan, 2018; Hovorun, & Mykhaylenko, 2018; Zamoroka, & Hovorun, 2018).

Обговорення. Обґрунтування необхідності створення об'єкта природно-заповідного фонду. Законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» передбачено збільшення та розширення площі територій та об'єктів ПЗФ (Pro osnovni zasady (strategiyu) derzhavnoi ekologichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku). З метою вирішення зазначених завдань та для збереження в природному стані території, яка розташована біля с. Вакалівщина Сумського району, пропонується розгляд питання щодо оголошення цієї місцевості ландшафтним заказником місцевого значення. Зазначена категорія ПЗФ є оптимальною для охорони всіх елементів природного ландшафту, рослинного та тваринного світу (Vasylyuk et al., 2018). Ця територія, насамперед, призначається для збереження ландшафтів та природних комплексів, типових для лісостепової частини Сумської області та Лівобережжя України загалом, а також популяцій рідкісних видів рослин і тварин, тому науково обґрунтованим є надання саме такої категорії об'єкта ПЗФ. Створення об'єкта ПЗФ відповідає основним положенням національного та міжнародного законодавства щодо збереження ландшафтного та біологічного різноманіття. Зазначена територія репрезентує типовий для регіону ландшафтний комплекс із лучно-степовим фітоценозом, що має важливе природоохоронне, наукове та рекреаційне значення. Балковий комплекс відносно добре збережений та є місцем зростання та осередком існування значної кількості різноманітних рослин та тварин із різним охоронним статусом.

Враховуючи загальну естетичну привабливість території, збереженість та різноманіття степової рослинності, зокрема зростання рослин, занесених до ЧКУ та Списку регіонально рідкісних видів, створення ландшафтного заказника місцевого значення є вкрай важливим та необхідним. Крім природоохоронної та наукової, об'єкт має ще й іншу цінність – освітню та, беззаперечно, є корисний для краєзнавства. З 2014 р. зазначена територія використовується у якості полігону для проходження навчальної практики із зоології безхребетних та хребетних тварин студентами природничо-географічного факультету СДПУ ім. А. С. Макаренка та в якості екскурсійних маршрутів з ботаніки, екології, мікології учнями закладів загальної середньої освіти області, що проходять навчання у літній біологічній школі «Вакалівщина».

Природоохоронний режим. Для забезпечення ефе-

ктивного збереження біорізноманіття та природних комплексів зазначеної території розроблено природоохоронний режим його території. Відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України» (Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy, 1992) територія заказника може використовуватися у наукових, рекреаційних та освітніх цілях. Необхідно заборонити будь-яку господарську та іншу діяльність, яка суперечить цілям та завданням заказника, зокрема самовільне використання чи надання земельних ділянок для інших потреб; будь-яке будівництво споруд (стаціонарних та тимчасових), шляхів, лінійних та інших об'єктів транспорту та зв'язку; геологорозвідувальні, підривні роботи та розробку всіх видів корисних копалин; порушення ґрунтового покриву, окрім як при проведенні протипожежних заходів або організації спеціально відведених місць короткострокового відпочинку; засмічення та забруднення території, складування будь-яких матеріалів; самовільні рубки та пошкодження дерев і чагарників; турбування, знищення та відлов всіх видів птахів і тварин, пошкодження їх гнізд та інших жител, збирання яєць та пуху; мисливство; знаходження на території з усіма видами вогнепальної та іншої зброї, знаряддями лову тварин та птахів; перебування з собаками мисливських порід; знищення та суттєву зміну видового складу рослинного покриву; інтродукцію нових видів рослин та тварин без відповідних узгоджених в установленому порядку обґрунтувань наукових закладів та погодження з Департаментом захисту довкілля та енергетики Сумської обласної державної адміністрації (далі – Департамент); збір рослин та грибів, що занесені до ЧКУ, списку регіонально рідкісних видів, їх квітів, плодів, стебел, кореневищ; зберігання на території перспективного заказника та в 2-х кілометровій зоні навкруги всіх видів отрутохімікатів; влаштування літніх таборів сільськогосподарських тварин та пташників; пересування та стоянку всіх видів механізованого транспорту поза межами доріг загального користування, крім службового транспорту землекористувачів, природоохоронних та інших спеціально уповноважених державних органів під час виконання ними службових обов'язків, пожежних машин; випалювання сухої рослинності; розведення вогнищ, встановлення наметів – поза межами місць, спеціально відведених для цього; інші види робіт, що можуть призвести до порушення природних зв'язків та ходу природних процесів, втрати наукової цінності природного комплексу, що буде охоронятися.

Необхідно дозволити в установленому порядку природоохоронну, наукову, освітню, рекреаційну, господарську та іншу діяльність, що не суперечить цільовому призначенню та завданням заказника й проводиться з додержанням загальних вимог щодо охорони навколишнього природного середовища, зокрема регульоване сінокосіння та випасання худоби на придатних для цього угіддях; заготівлю лікарських та інших рослин, їх квітів, стебел, кореневищ, ягід та плодів, а також грибів в порядку загального користування; перебування працівників та техніки землекористувачів під час виконання природоохоронних заходів та здійснення охорони території; проведення протипожежних заходів; прохід або проїзд ґрузовим транспортом через територію заказника; організацію землекористувачами екологічних стежок, спеціально відведених місць короткострокового відпочинку населення – за погодженням з Департаментом; рекреаційне використання території населенням в частині відпочинку; проведення нау-

ково-дослідних робіт, використання території в освітньо-виховних цілях, проведення екскурсій, семінарів тощо за погодженням з землекористувачем.

Висновки. Виходячи з викладеного, можна стверджувати, що оголошення ландшафтного заказника матиме велике значення для збереження ландшафтів, типових для лісостепової частини Сумської області та Лівобережжя України загалом. Організація природоохоронного менеджменту та регульоване землекористування сприятиме збереженню щонайменше семи рідкісних видів комах та рослин, що входять до списку ЧКУ та інших видів, що входять до Списку регіонально рідкісних видів. Це дозволить зберегти залишки лучно-степових ділянок та біорізноманіття ентомофауни, флори, лі-

хенобіоти Середньоруської височини. Створення ландшафтного заказника є важливим у реалізації вимог низки міжнародних конвенцій та угод, ратифікованих Україною, а саме: Європейської ландшафтною конвенції (Pro ratyfikaciu Evropejskoi landshaftnoi Konvencii), Конвенції про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі (Бернської конвенції) (Pro pryednania Ukrainy do konvencii 1979 roku pro ohoronu dykoi flory i fauny ta pryrodnyh seredovysch isnuvannia v Europi).

Подяки. Автори висловлюють щире подяку Фірман Лесі Олексіївні за цінні поради у написанні статті, а також Книшу Миколі Петровичу за надані відомості щодо зростання регіонально рідкісних видів рослин.

Бібліографічні посилання:

1. Boychenko, R. V., Vertel, V. V., Karlyukova, O. Yu., Panchenko, S. M., Kryvozub, I., Dudchenko, G., Kulyzhko, I., Kubrakov, S., Stryzhak, A., & Yakovenko, O. (2019). Pryrodno-zapovidnyi fond Sumskoi oblasti: Atlas-dovidnyk (2yi-e, vypr. ta dopov. vyd.) [Nature Reserve Fund of Sumy Region: Atlas-Handbook (2nd ed., Corrected and supplemented ed.)]. TOV «Ukrainska Kartografichna Hrupa», Kyiv (in Ukrainian).
2. Pro zatverdzhennia Derzhavnoi stratehii regionalnogo rozvytku na period do 2020 roku, № 385-2014-п, Закон України (2019). [Electronic resource]. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/385-2014-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).
3. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life (2020). [Electronic resource]. Access mode: <https://www.catalogueoflife.org/>
4. Neshataev, B. N., Kornus, A. A., & Shulga, V. P. (2005). Regyonalnye pryrodno-terytorialnye komplekxy Sumskogo Prydneprovya [The Regional Nature-territorial Complexes of Sumy Pridieprovie]. Scientific Notes of Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, 10–31. (in Russian)
5. Andrienko, T. L., Bilyk, H. I., Bradis, Ye. M., Holubets, M. A., Makhayeva, L. V., Rubtsov, M. I., Tkachenko, V. S., & Shelyah-Sosonko, Yu. R. (1977). Geobotanichne rayonuvannya Ukrainskoi RSR [Geobotanical zoning of the Ukrainian SSR]. Nauk. Dumka, Kyiv (in Ukrainian).
6. Didukh, Ya. P., & Shelyag-Sosonko, Yu. R. (2003). Geobotanichne rayonuvannya Ukrainy ta sumizhnykh terytoriy [Geobotanical zoning of Ukraine and adjacent territories]. Ukr. Bot. J., 60(1), 6–17. (in Ukrainian)
7. Kagalo, O. O., & Resler, I. Ya. (2012). Roslynnist regionalnogo landshaftnogo parku “Ravske Roztochchya” (Lvivska oblast) – poperednya syntaksonomichna otsinka [Vegetation of Regional Landscape Park “Ravske Roztochia” (Lviv region) – previous syntaxonomical assessment]. Naukovi osnovy zberezhenya biotychnoi riznomanitnosti, 3(10)(1), 59–76. (in Ukrainian)
8. Vakal, A. P. (2018). Roslynnist okolyts terytorii biologichnogo statsionaru «Vakalivshchyna» Sumskogo derzhavnogo pedagogichnogo universytetu imeni A.S. Makarenka [Vegetation around the territory of the biological hospital “Vakalivshchyna” Sumy State Pedagogical University named after AS Makarenko]. Vakalivshchyna: Do 50-richchya biologichnogo statsionaru Sumskogo derzhavnogo pedagogichnogo universytetu imeni A.S. Makarenka. Zbirnyk naukovykh prats, 17–24 (in Ukrainian).
9. Sira O. Ye. (2016). Do vyvchennya tsenomorfichnoi struktury, yak pokaznyka transformatsii fitotsenoziv sukhodilnykh lukiv (Zmiivskiy r-n, Kharkivska obl.) [To study the coenomorphical structure as an indicator of the transformation of phytocenoses of dry meadows (Zmiiv district, Kharkiv region)]. Molod i postup biolohii: zbirnyk tez XII Mizhnar. nauk. konf. stud. i aspirantiv, 107–108 (in Ukrainian).
10. Sira O. Ye. (2017). Vklad rodyny Asteraceae u ruderalnu fraktsiyu sukhodilnykh lukiv (Zmiivskiy rayon, Kharkivska oblast) [The contribution of the Asteraceae family to the ruderal fraction of dry meadows (Zmiiv district, Kharkiv region)]. Biolohiya: vid molekuly do biosfery: materialy XII Mizhnarodnoi konferentsii molodykh uchenykh, 120–121 (in Ukrainian).
11. Sira, O. E., & Gamulya, Yu. G. (2016). Tsenomorfichniy analiz flory sukhodilnykh lukiv Livoberezhnogo Lisostepu, yak pokaznyk stupenya yikh transformatsii ta zdatnosti do samovidnovlennya [Coenomorphical analysis of flora of dry-valley meadows of the grassland-steppe of Left Bank, as an indicator of their degree of transformation and the capacity for self-renewal]. Proceedings of Kharkiv National University named after G.S. Skovoroda. Biology and Valeology, 18, 159–168 (in Ukrainian).
12. Chervona knyha Ukrainy. Roslynniy svit [Red Book of Ukraine. Plant kingdom]. Didukh, Ya. P. (Ed). (2009). Globalkonsaltyng, Kyiv (in Ukrainian).
13. IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species (2020). [Electronic resource]. Access mode: <https://www.iucnredlist.org/>
14. CITES 2020. Resolutions of the Conference of the Parties in effect after the 18th meeting. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.cites.org/eng/res/index.php>
15. Andriyenko, T. L., & Peregrym, M. M. (2012). Ofitsiyni pereliky regionalno ridkisnykh roslyn administratyvnykh terytoriy Ukrainy (dovidkove vydannya) [Official lists of regional rare plants of administrative territories of Ukraine (reference book)]. Alterpress, Kyiv (in Ukrainian).
16. Panchenko, S. M., & Ivanets, V. Yu. (2019). 50 ridkisnykh roslyn Sumshchyny. Atlas-dovidnyk [50 rare plants of Sumy region. Atlas-reference]. Chernivtsi (in Ukrainian).
17. Popova, O. M. (2017). Likarski roslyny natsionalnogo pryrodnogo parku “Tuzlovcki lymany”: Vydoviy sklad, oriyentovna otsinka resursiv [Medicinal plants of the National Nature Park “Tuzlovski limany”: species diversity, approximate estimation of the

- resources]. *Chornomors'k. bot. z.*, 13(1), 43–56. doi: 10.14255/2308-9628/17.131/4 (in Ukrainian)
18. Skybitska, M. (2003). Likarski roslyny Ukrainy Karpats [Medicinal plants of the Ukrainian Carpathians]. *Pratsi Naukovogo tovarystva im. Shevchenka*, 12, 316–324 (in Ukrainian).
19. Zelenko, S. D., & Kondratyuk, S. Ya. (1994). Novi dlya likhenoflory Ukrainy vydy lyshaynykiv [New for lichenoflora of Ukraine species of lichens]. *Ukr. Bot. J.*, 51(6), 92–97 (in Ukrainian).
20. Pro zakhody shchodo posylennya okhorony ridkysnykh ta znykayuchykh vydiv roslyn, tvaryn i hrybiv, shcho pidlyahayut osoblyviy okhoroni na terytorii Sumskoi oblasti. Rishennya Sumskoi oblasnoi rady vid 18.11.2011 (2019). Available at: <https://sora-rada.gov.ua/regulations/zvity-pro-vidstezhennja-rezultatyvnosti/20672-20191205-regulations-zvit-ohorona-grybiv.html> (in Ukrainian)
21. Chervona knyha Ukrainy. Tvarynnyi svit [Red Book of Ukraine. Animal kingdom]. Akimov, I. A. (Ed). (2009). Globalkonsal'tyng, Kyiv (in Ukrainian).
22. Hovorun O. V. (2018). Uzahalneni vidomosti pro Bulavovusykh luskokrylykh (Lepidoptera: Rhopalocera) biostatsionaru «Vakalivshchyna» ta prylyhlykh terytoriy [Generalized information about Rhopalocera of Vakalivshchyna biostation and adjacent territories]. *Vakalivshchyna: Do 50-richchya biolohichnoho statsionaru Sumskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni A.S.Makarenka. Zbirnyk naukovykh prats.* 48–53 (in Ukrainian).
23. Hovorun O. V., & Bilan O. V. (2018). Rezultaty bahatorichnykh doslidzhennya nichnykh luskokrylykh (Lepidoptera) biostatsionaru «Vakalivshchyna» [Results of long-term research of nocturnal scale insects (Lepidoptera) of the biostationary "Vakalivshchyna"]. *Vakalivshchyna: Do 50-richchya biolohichnoho statsionaru Sumskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni A.S.Makarenka. Zbirnyk naukovykh prats.* 53–61 (in Ukrainian).
24. Hovorun O.V., & Mykhaylenko L.O. (2018). Sovky (Lepidoptera, Noctuidae) biostatsionaru «Vakalivshchyna» ta prylyhlykh terytoriy [Noctuidae (Lepidoptera) of the biostationary "Vakalivshchyna" surrounding areas]. *Vakalivshchyna: Do 50-richchya biolohichnoho statsionaru Sumskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni A. S. Makarenka. Zbirnyk naukovykh prats.* 64–76 (in Ukrainian).
25. Zamoroka A. M., & Hovorun O. V. (2018). Znachennya biolohichnoho statsionaru «Vakalivshchyna» v inventaryzatsii rozmaitya zhukiv-vusachiv Sumskoi oblasti [The value of biological station "Vakalivshchyna" in the inventory of the diversity of beetles barbel Sumy region]. *Vakalivshchyna: Do 50-richchya biolohichnoho statsionaru Sumskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni A. S. Makarenka. Zbirnyk naukovykh prats.* 102–108 (in Ukrainian).
26. Pro osnovni zasady (strategiyu) derzhavnoi ekologichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku, vyp. № 2697-VIII, Zakon Ukrainy (2019) [Electronic resource]. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> (in Ukrainian).
27. Vasylyuk, O., Norenko, K., Polyanska, K., Shutyak, S., & Shyriaeva, D. (2018). Vyyavlenya terytoriy, prydatnykh dlya ogoleshennya ob'ektamy pryrodno-zapovidnogo fondu [Identification of areas suitable for declaring objects of nature reserve fund]. *Vydavnytstvo «Kompaniya 'Manuskrypt'»* (in Ukrainian).
28. Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy, vyp. 2456–XII, Zakon Ukrainy (1992). [Electronic resource]. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2456-12> (in Ukrainian).
29. Pro ratyfikaciu Evropeiskoi landshaftnoi Konvencii, № 2831-IV, Zakon Ukrainy (2005). [Electronic resource]. Access mode: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_154#Text (in Ukrainian).
30. Pro pryednania Ukrainy do konvencii 1979 roku pro ohoronu dykoi flory i fauny ta pryrodnykh seredovysch isnuvannia v Europi, №436/96-BP, Zakon Ukrainy (2005). [Electronic resource]. Access mode: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032#Text (in Ukrainian)

Govorun O. V., PhD (Biological Sciences), Assistant Professor, Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine

Sira O. Ye., PhD student, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Vertel V. V., MSc, Junior research fellow, Nature reserve «Mykhaylivska tsilyna», Sumy, Ukraine

Darmostuk V. V., PhD student, Kherson State University, Kherson, Ukraine

«VAKALIVSKY SLOPES» – PROJECTED LOCAL NATURE RESERVE IN SUMY REGION

The article presents the scientific substantiation of the ravine complex near the Vakalivshchyna village (Sumy district of Sumy region) as a landscape reserve of local significance "Vakalivsky slopes" and the nature protection regime of this territory is proposed. According to the public Ukrainian cadastral map the territories of the projected landscape reserve are listed as reserve lands. The area of the projected reserve "Vakalivsky slopes" is 52.37 hectares. The studies of biodiversity were conducted from 2014 to 2020. The route-field method was used to study flora and lichen biota as well standard entomological methods were used to study entomofauna. The inventory of floristic biodiversity showed the presence of 128 species of higher vascular plants. Four species from that list are regionally rare (*Campanula persisifolia* L., *Muscari neglectum* Guss. Ex Ten., *Ranunculus illyricus* L., *Jurinea arachnoidea* Bunge.) and one species (*Adonis vernalis* L.) is presented in the Red Book of Ukraine and the International List of Nature Conservation.

Rare lichen species *Sarcosagium campestre* (Fr.) Poetsch & Schied and *Peltigera didactyla* (With.) J. R. Laundon were found on the territory of the designated reserve. The latter one is a candidate for the Red List of the Sumy region. The habitats in which these lichen species grow need to be preserved. As a result of entomological research, six insects species are registered in the Red Book of Ukraine (*Papilio machaon* (L.), *Iphiclides podalirius* (L.), *Parnassius mnemosyne* (L.), *Zerynthia polyxena* (Den. & Schiff), *Aglaia tau* (L.), *Catocala fraxini* (L.)) and twenty insects species are included in the list of regionally rare species. To ensure the effective conservation of biodiversity and natural complexes of this area, a nature protection regime of its territory has been developed in accordance with the Law of Ukraine "On the Nature Reserve Fund of Ukraine".

Ravine system with meadow-steppe phytocoenosis has a special environmental, scientific, aesthetic and educational

significance. A promising protected area should be created in order to preserve landscape and biological diversity, the gene pool of fauna and flora, maintain the overall ecological balance in the region and ensure monitoring of the environment.

Key words: *nature protection, nature reserve fund, flora, medicinal plants, dry meadows, lichen biota.*

Дата надходження до редакції: 27.12.2019 р.

ВИКОРИСТАННЯ ФУНГІЦІДІВ НА СОРТАХ КАРТОПЛІ

Дубовик Володимир Іванович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID:0000-0002-2880-7047
dvi_docent@ukr.net

Дубовик Ольга Олексіївна

кандидат сільськогосподарських наук
м. Суми, Україна
olgadubovik5@ukr.net

Коваленко Ігор Миколайович

доктор біологічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-4957-2352
kovalenko_977@ukr.net

Крючко Людмила Василівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003- 0528-210X
ludmila-kruchko@meta.ua

Коваленко Владислав Миколайович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID:0000-0002-9830-3370
tovagrame_bz@ukr.net

Дубовик Максим Володимирович

студент факультету агротехнологій та природокористування
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Виробництво картоплі в Україні зосереджене у приватному секторі, де її вирощування відбувається без сівозміни. Це призводить до накопичення інфекції в ґрунті і погіршення фітосанітарного стану посадок картоплі. Як наслідок, пришвидшується виродження картоплі. В Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, зареєстрована чимала кількість фунгіцидних препаратів, які дозволені до використання на картоплі. Серед майже 90 препаратів 1/3 – це прості фунгіциди, а 2/3 – це складні препарати, що мають більший спектр дії та більш тривалий ефект. Всі препарати поділяються на три основні групи за походженням: біологічні (цидокс Про, псевдобактерін-2), неорганічні (блу бордо, купроксат, косайд, медян екстра), органічні (найбільш розповсюджена група). В статті розглядається сучасний асортимент фунгіцидів різних хімічних груп, рекомендованих до застосування на сортах картоплі. За результатами досліджень встановлено, що найбільш поширеними діючими речовинами є похідні карбамінової та дітіокарбамінової кислот (манкоцеб, метирам), а також інші хімічні сполуки (металаксил-М, цимоксаніл), морфоліни (диметоморф), стробіліурини (азоксістробін, фамоксадон), триазолі (дифеноконазол). У статті наведено оцінку сучасного асортименту фунгіцидних препаратів, рекомендованих до застосування на сортах картоплі. Для захисту сортів картоплі від хвороб є все необхідне. Починати захист необхідно з використання комбінованих протруйників, які забезпечують надійне збереження сходів культури, а у подальшому використовувати контактні і комбіновані препарати. Перша обробка здійснюється комбінованими препаратами, які швидко проникають у рослину і перерозподіляються у ній. Всі комбіновані препарати застосовують до цвітіння, після цього обробку проводять лише контактними препаратами. Високу ефективність виявляє система захисту, за якою використання контактних препаратів чергують з системно-контактними через 10 днів. Ураженість сортів картоплі хворобами обумовлена низкою факторів. Вченими встановлено, що сорти картоплі не мають окремих генів стійкості проти таких патогенів, як *Alternaria solani* та *Phytophthora infestans*. Ця стійкість обумовлена дією багатьох генів, тобто полігенна. Дослідники визначили також, що стійкість сортів картоплі до хвороб залежить від групи стиглості. Створити ранньостиглий сорт із польовою стійкістю до хвороб складно. Пізньостиглі сорти картоплі уражуються хворобами меншою мірою.

Ключові слова: фунгіцид, картопля, діюча речовина, норма витрати, хімічна група.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.4>

Вступ. Сучасне виробництво картоплі зосереджене у приватному секторі, де в більшості випадків вона вирощується у монокультурі. Це призводить до погіршення фітосанітарного стану посівів картоплі і, зокрема, до накопичення грибової інфекції у ґрунті. Найбільш поширеними хворобами картоплі є фітофтороз, ризоктоніоз, альтернаріоз, різні види парші, суха та мокра гниль. Для зменшення негативної дії інфекції необхідно застосовувати фунгіциди. Нині існує велика кількість препаратів, рекомендованих до застосування на картоплі, аналіз цього різноманіття потребує детального вивчення.

У захисті посівів картоплі від хвороб застосовують різні методи. Для оптимального використання фунгіцидів дуже важливо розуміти принцип дії діючих речовин, з яких складається препарат. Необхідно знати, як впливає речовина на збудника хвороби, яку вона має дію: профілактичну, захисну чи лікувальну; на скільки вона стійка до факторів природного середовища.

Виробникам сільськогосподарської продукції представлена широка палітра пестицидів різних класів хімічних сполук: анілінопіримідини, імідазоліони, оксазомединіони, спирооксаміни, стробілуїни, триазоли, феніламіди, феноксицени. Фунгіциди останнього покоління мають стимулюючу, системну, трансламінарну дію. Заслужує на увагу сучасна група фунгіцидів, що відносяться до стробілуїнів. Ця група має широкий спектр захисту від хвороб і надзвичайно ефективна проти чотирьох класів патогенних грибів. На допомогу класичному металаксиму з'явилися нові хімічні сполуки (іпро-валікарб, фенамідон), що мають інший механізм дії. Велика кількість фунгіцидів має широкий спектр дії, завдяки якому можливе їх застосування для пригнічення патогенних грибів різних класів (Ivanjuk et al., 2005; Polozhenec' et al., 2012).

Сучасний регламент застосування засобів захисту пропонує проводити обробки контактними і комбінованими препаратами. Першу обробку необхідно провести комбінованим препаратом, який швидко проникає і розповсюджується в рослині, концентруючись у точках росту. До препаратів цієї дії відноситься: Акробат МЦ, Ридоміл Голд МЦ, Танос та ін. Згідно рекомендацій обробку цими препаратами необхідно проводити до цвітіння, в разі необхідності обробку повторюють через 10–14 днів (Ahatov, 2013). Основним недоліком цих фунгіцидів є поява резистентності у патогенних грибів до системного компонента, в разі систематичного застосування. Щоб уникнути появи резистентності, необхідно після цвітіння застосовувати контактні препарати. Препарати контактної дії можна використовувати і на початку, але вони мають нетривалу дію, бо змиваються россою і дощем. Для контролю листових плямистостей картоплі досить ефективно використовувати чергування обробок контактними та системно-контактними препаратами, проводячи обприскування кожні 10 днів. Високу ефективність виявили контактні препарати на основі діючої речовини – манкоцеб. При несприятливих, для розвитку патогенних грибів, погодних умовах норму витрати препарату можна знизувати, без шкоди для рослин (Markov & Ruban, 2014; Ret'man et al., 2013; Taktajev et al., 2019).

Фунгіциди поділяють за механізмом дії:

1) захисної дії (спори грибів гинуть на поверхні рослини, препарат повинен бути застосований до потрапляння спор на рослину);

2) лікувальної дії (фунгіцид діє відразу після ураження рослини, але до появи симптомів, препарат необхідно вчасно

застосувати);

3) викорінюючої дії (фунгіцид знищує патоген та його спори, можливе застосування після інфікування).

Фунгіциди, що мають викорінюючу дію, найбільш ефективні, оскільки запобігають утворенню спорангіофорів і мають антиспорулюючу дію (Ret'man et al., 2013; Mel'nichuk et al., 2014).

Систематичне застосування фунгіцидів, що містять феніламіди, призводить до появи резистентних штамів збудників гнилей. Ці штами розповсюджені у Європі, де феніламіди застосовують лише у сумішах. Вплив даної речовини, обумовлений наявністю резистентних штамів у популяції, є патогенним. При значній кількості резистентних штамів ефективність дії фунгіциду зменшується.

Мета досліджень – вивчити сучасний асортимент фунгіцидних препаратів, рекомендованих до застосування на картоплі проти хвороб, що занесені до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні за 2008–2020 рр.

Матеріали і методи досліджень. Аналітичні дослідження проводили, використовуючи Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні за 2008–2020 рр. Використовувались дані офіційного сайту Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (Derzhavnyj rejestr pestycydiv i agrohimiaktiv, dozvolenyh do vykorystannja v Ukraїni 2008-2020) та інших сайтів (Website Crop science Ukraine; Website Agrosurs; Website Sammit-Agro Ukraine; Website Badvasy; Katalog zasobiv zahystu roslyn Bayer, 2019; Website Golovnyj sajт dlja agronomiv; Website Pesticidy.ru). Були використані загальнонаукові методи дослідження, а саме: аналіз і синтез, індукція і дедукція, аналогія і моделювання, абстрагування і конкретизація.

Результати. Так, у «Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні за 2008–2020 роки» (Derzhavnyj rejestr pestycydiv i agrohimiaktiv, dozvolenyh do vykorystannja v Ukraїni 2008–2020) зареєстровано, 87 фунгіцидних препаратів на картоплі, серед яких 27 прості фунгіциди і 60 комбіновані препарати. Серед рекомендованих фунгіцидів за хімічним складом виділяють три основні групи: неорганічні, органічні та біологічні (табл. 1).

Препарати сполук міді одними з перших використовувались для захисту рослин від грибкових хвороб, але і до сьогодні не втратили своєї актуальності. Серед простих фунгіцидів це одна з найбільших груп, чотири препарати дозволені до використання на картоплі. Ці препарати характеризуються контактено-профілактичною і захисною дією. Вони більш зручно діють на спори грибів, а на розвиток міцелію гриба ці препарати мають менш негативну дію. Мідь з препаратів поступово поглинається цитоплазмою клітин грибів, накопичуючись там до летальної дози (Shyта, 2019).

Не менш чисельна група препаратів на основі похідних карбамінової та дитіокарбамінової кислот. Вони мають найбільшого фунгіцидну контактну дію. Максимальний ефект їхньої дії спостерігається за їх застосування під час або одразу після зараження рослини патогенними грибами (Lazarchuk, 2015). Препарати цієї групи блокують активність ферментів, що призводить до пригнічення розвитку фітопатогенних грибів. Вони ефективні проти широкого спектру збудників грибних захворювань. В Держреєстрі ця група представлена діючими речовинами манкоцеб (чотири простих препарати) і метирам.

Прості фунгіциди для захисту картоплі

№ з/п	Група походження	Назва препарату	Назва та вміст діючої речовини
1	Біологічні:	Цидокс Про, РК	<i>Streptomyces</i> sp. МБС-1, титр $1 \times 10^7 - 5 \times 10^{10}$ КУО/мл препарату
		Псевдобактерін-2 (Респекта), в.р.	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> BS 1393, не менше 2×10^9 КУО/мл
2	Неорганічні:	БЛУ БОРДО (BLUE BORDO), ВГ	Сульфат міді, 770 г/кг
		Купроксат, КС	Сульфат міді триосновний, 345 г/л
		КОСАИД @ 2000 ВГ	Гідроксид міді, 538 г/кг
		МЕДЯН ЕКСТРА 350 SC, КС	Хлорокис міді, 350 г/л
3	Органічні:		
	Похідні карбамінової та дитіокарбамінової кислот	Аспект WP, ЗП	Манкоцеб, 800 г/кг
		Дітан М-45, ЗП	Манкоцеб, 800 г/кг
		ПЕНКОЦЕБ, ЗП	Манкоцеб, 800 г/кг
		Манзат, ВГ	Манкоцеб, 750 г/кг
		Полірам ДФ, ВГ	Метирам, 700 г/кг
	Інші хімічні сполуки	Банджо КС	Флуазинам, 500 г/л
		Нандо 500, КС	Флуазинам, 500 г/л
		Охайо, КС	Флуазинам, 500 г/л
		Ширлан 500 SC, КС	Флуазинам, 500 г/л
		Ревус 250 SC, КС	Мандіпропамід, 250 г/л
		Фольпан ВГ	Фолпет, 800 г/кг
	Стробілурини	Квадріс 250 SC, к.с.	Азоксістробін, 250 г/л
		Старлайт, КС	Азоксістробін, 250 г/л
	Ціано-імідазоли	РАНМАН 400, КС	Ціазофамід, 400 г/л
		РАНМАН ТОП, КС	Ціазофамід, 160 г/л
	Полімери	Антракол 70 WP, ЗП	Пропінеб, 700 г/кг
Триазоли	СКОР 250 EC, KE	Дифеноконазол, 250 г/л	
Фенілпіроли	Максим 025 FS, т.к.с.	Флудіоксоніл, 25 г/л	

Група інші хімічні сполуки представлена трьома діючими речовинами. Чотири препарати мають діючу речовину флуазинам. Флуазинам – володіє тривалою захисною дією, до 10 днів. Дана діюча речовина має системну і куративну (лікувальну) дію. Вона пригнічує утворення спор, апресоріїв, розвиток гіфів гриба. Це призводить до знищення вторинної інфекції. До цієї ж групи відноситься діюча речовина фолпет і мандіпропамід. Фолпет володіє контактною, профілактичною і лікувальною діями. Має широкий спектр дії. Безпечний для бджіл, птахів та корисних комах, нефітотоксичний. Стимує ураження картоплі такими захворюваннями, як альтернаріоз та ризоктоніоз. Мандіпропамід забезпечує ефективний захист рослин картоплі від фітофторозу, навіть при незначній концентрації. Він пригнічує розвиток спор і міцелію *Phytophthora infestans*. В рослину мандіпропамід проникає через листя. Потрапляючи на поверхню листа поглинається восковим шаром та має трансламінару дію, тобто захищає нижню частину листа. Механізм дії полягає в порушенні фосфоліпідного біосинтезу, що в свою чергу пригнічує біосинтез клітинної стінки (Ret'nan et al., 2015).

Двома препаратами представлені діючі речовини азоксістробін і ціазофамід. Азоксістробін – аналог природних метаболітів грибків *Strobilurins* та *Oudemansins*. Має широкий спектр дії, тривалий захисний ефект, проявляє контактну і системну дію. При нормі витрати 200 г/га на картоплі ефективно знищує такі патогенні організми: аско-, базидіо-, дейтеро- та ооміцети. Характеризується викорінюючою, захисною, трансламінарую і системною діями. Азоксістробін застосовується сумісно з іншими фунгіцидними препаратами, він захищає від патогенів, що стійкі до бензімідазолів, дікарбоксімідів, інгібіторів 14-деметилази, феніламідів. Використання на наступний вегетаційний період, після застосування стробілуринів, заборонено (Sergijenko, 2015; Sergijenko, 2019).

Ціазофамід застосовується на картоплі проти фітофторозу. Має контактну дію. Ефективне використання для профілактичних цілей та на початку захворювання. Застосовують для захисту овочевих культур проти *Phytophthora infestans* та *Pseudoperonospora cubensis* (Bilovus, 2017; Fedorchuk et al., 2017).

По одному представнику мають такі діючі речовини: пропінеб (Антракол 70 WP та дифеноконазол (СКОР 250 EC)).

Антракол – контактний фунгіцид широкого спектру дії проти патогенних грибів. Застосовується на багатьох культурах. Пропінеб містить цинк, який знаходиться у доступній формі і є необхідним мікроелементом. Таким чином, застосовуючи антракол для захисту рослин від хвороби, паралельно проводиться позакореневе підживлення мікроелементом. Препаративна форма антраколу забезпечує рівномірний розподіл та утримання його на листку. Препарат діє на різні процеси біосистем клітини патогенних грибів, внаслідок чого у патогену практично не виробляється резистентність. Завдяки цьому антракол добре застосовувати у системі чергування фунгіцидів.

СКОР – системний фунгіцид, який можна застосовувати як протруювач насіння. На дію препарату не впливають умови навколишнього середовища, але при температурі нижче 12 °C ефективність дії знижується (Ruzhenkova, (2016)). При потрапленні на поверхню листка, препарат поглинається ним, забезпечуючи захисну і лікувальну дію. Використовується проти широкого кола патогенів з класів аскоміцетів, базидіоміцетів, дейтеромицетів. Дифеноконазол – високоефективний фунгіцид широкого спектру дії. Ретардантна дія на сходи відсутня і це виключає їх зрідженість. Проникаючи в тканини рослини, дифеноконазол пригнічує ріст міцелію, знижує кількість утворених спор патогена.

Флудіоксоніл також має системну дію і захищає посадки картоплі від сухої гнилі, ризоктоніозу, гелмінтоспориозу, парші звичайної, фомозу.

В Держреєстрі присутні три простих фунгіцидних протруйника, що застосовуються проти хвороб картоплі (табл. 2).

Таблиця 2

Прості фунгіцидні протруйники, що застосовуються на картоплі

Група походження	Назва препарату	Назва та вміст діючої речовини
Імідазоли	Ровраль Аквафло, к.с.	Іпродіон, 500 г/л
	Фунгазіл 100 SL, к.с.	Імазаліла сульфат, 133,5 г/л
	Серкадіс, КС	Флуксапіроксад, 300 г/л

Ровраль Аквафло – контактний фунгіцид широкого спектра дії, який характеризується профілактичною та лікувальною діями. Ефективне застосування даного препарату проти патогенів, що стійкі до ртуть-вмісних фунгіцидів. Термін захисної дії досягає 17 днів. Механізм фунгіцидної дії полягає у порушенні структури клітини патогена, під час її росту та розвитку (Mel'nikova, 2020).

Фунгазіл використовується на картоплі від парші себристиї та ризоктоніозу. Він є системним фунгіцидним протруйником.

Серкадіс – препарат із унікальними властивостями флуксапіроксаду, який входить до його складу та забезпечує його високу біологічну ефективність. Він підходить до всіх типів протруєння, забезпечує контроль підвищеного інфекцій-

ного фону хвороб, не потребує змішування з іншими фунгіцидами для повноцінної роботи.

Для розширення спектру дії та збільшення біологічної ефективності необхідно застосовувати складні фунгіцидні протруйники (табл. 3).

В Державному реєстрі налічується десять двох- та трьохкомпонентних протруйників. Всі фунгіцидні протруйники мають інсекто-фунгіцидну дію і захищають картоплю на стадії проростання та сходів від хвороб та шкідників (Воток, 2019). Інсектицидна частина представлена неонікотиноїдними сполуками (імідаклоприд, клотіанідин, тіаметоксам, ацетаміприд), які мають системну дію і тривалий захисний ефект (Dovgal' et al., 2016). Фунгіцидна частина представлена, у більшості випадків, іншими хімічними сполуками, бензімідазолами, фенілпіролами.

Таблиця 3

Складні фунгіцидні протруйники, що застосовуються на картоплі

Група походження	Назва препарату	Назва та вміст діючої речовини
Неонікотиноїди, бензімідазоли	Тирана, КС	Імідаклоприд, 280 г/л + тіабендазол, 80 г/л
	Шедевр, КС	Імідаклоприд, 280 г/л + тіабендазол, 80 г/л
	Корунд, КС	Імідаклоприд, 280 г/л + тіабендазол, 80 г/л
Неонікотиноїди, інші хімічні сполуки	Армада, ТН	Імідаклоприд, 140 г/л + пенцикурон, 150 г/л
	Магnum-Дуо, ТН	Імідаклоприд, 140 г/л + пенцикурон, 150 г/л
	Престиж 290 FS, ТН	Імідаклоприд, 140 г/л + пенцикурон, 150 г/л
	Тексіо Велум 290 FS, ТН	Імідаклоприд, 140 г/л + пенцикурон, 150 г/л
	Еместо Квантум 273,5FS, ТН	Клотіанідин, 207 г/л+пенфлуфен, 66,5 г/л
Неонікотиноїди, фенілпіроли	АС Селектив, ТН	Тіаметоксам, 100 г/л + ацетаміприд, 100 г/л + флудіоксоніл, 20 г/л
Неонікотиноїди, триазоли, фенілпіроли	СЕЛЕСТ ТОП 312,5 FS, ТН	Тіаметоксам, 262,5 г/л + дифеноконазол, 25 г/л + флудіоксоніл, 25 г/л

Серед складних фунгіцидів, що застосовуються по вегетації картоплі, лише один препарат має три компоненти (Чарівник, ЗП (табл. 4)). Усі три діючі речовини, що входять до складу препарату, відносяться до різних хімічних груп. Це забезпечує різні механізми дії на патогенні гриби. Останнім часом, швидке виникнення стійкості у збудників хвороб до препаратів іноді унеможлиблює ефективне застосування фунгіцидів. Експерти пропонують застосування багатоконпонентних препаратів з різними механізмами дії активних речовин. Системні діючі речовини металаксил, диметоморф та контактний манкоцеб перешкоджає проникненню нових збудників у рослину.

Найбільша кількість препаратів містить дитіокарбонати та інші хімічні сполуки. Найбільш розповсюдженою діючою речовиною є манкоцеб. Вона міститься у 24 фунгіцидах. Манкоцеб – контактний фунгіцид захисної дії. Він захищає від ураження рослин пітьвими грибами. Манкоцеб не поглинається листками і не потрапляє у тканини рослин, таким чином ефективність захисту залежить від кількості обробок за певний час. Захисний ефект забезпечується до проникнення патогену у тканину. Манкоцеб не має безпосередньої фунгіцидної дії, але при розчиненні у воді утворює етилен бісізотіо-

цианат сульфід, який під дією ультрафіолетових променів перетворюється в етилен бісізотіоцианат. Обидві ці речовини мають фунгіцидний ефект на ферментні системи грибів, які містять сульфгідрильні групи (Prosti rishennja dlja zahystu kartopli (2020)).

Другу позицію за поширенням займає діюча речовина – металаксил, що міститься у 14 фунгіцидах. Металаксил – системний фунгіцид тривалої дії. Ефективний в боротьбі з борошнесторосяними грибами і кореневими гнилями. Пригнічує синтез усіх видів РНК, як результат – порушення мітозу, його уповільнення. Препарат має захисну та лікувальну дію. Поглинаючись листками і кореневою системою, він рухається у новоутворені частини рослини.

Дещо менш поширена діюча речовина цимоксаніл входить до складу 12 препаратів. Цимоксаніл – фунгіцид контактної, захисної і лікувальної дії. Він захищає рослини у період інкубації збудників. Тривалість захисної дії становить 4–6 днів. У зв'язку з цим, його застосовують у суміші з іншими фунгіцидами захисної, контактної і системної дії. Ефективно діє проти несправжніх борошнесторосяних грибів та фітофтору. Цимоксаніл проникає всередину рослини, але рухатися нею не може. Тому він стійкий до змивання дощем і має краший захисний ефект, порівняно з контактними препаратами.

Складні фунгіциди, що застосовуються на картоплі

Група походження	Назва препарату	Назва та вміст діючої речовини
1	2	3
Інші хімічні сполуки, дитіокарбомати, морфоліни	Чарівник, ЗП	Металаксил, 75 г/кг + манкоцеб, 525 г/кг + диметоморф, 115 г/л
Морфоліни, дитіокарбомати	АКРОБАТ МЦ, в.г.	Диметоморф, 90 г/кг + манкоцеб, 600 г/кг
	Арева Голд ВГ	
	КОЛЬТ 690, ЗП	
	Філдер 69, ВГ	
Морфоліни, інші сполуки	ТІКОС 690, ЗП	Диметоморф, 113 г/кг + фолпет, 600 г/кг
	Сфінкс Екстра ВГ	
	Банджо Форте, КС	
Дитіокарбомати, інші сполуки	Лінкс-Фіто WG, ВГ	Диметоморф, 500 г/кг + цимоксаніл, 200 г/кг
	Ацидан ЗП	Манкоцеб, 640 г/кг + металаксил, 80 г/кг
	Вальтер, ЗП	
	ЦЕРЕКСІЛ (CEREXIL), ВГ	
	Цілитель, ЗП	
	Метаксил, ЗП	
	Метаміл МЦ, ВГ	
	Юнкер, ЗП	Манкоцеб, 640 г/кг + металаксил-М, 40 г/кг
	Тайлер, ЗП	
	Ремонталь, ВГ	
	Ридоміл Голд МЦ 68 WG, ВГ	Манкоцеб, 680 г/кг + цимоксаніл, 45 г/кг
	Синекура 680, ЗП	
	Десфілар, ЗП	Манкоцеб 680 г/кг + цимоксаніл 50 г/кг
	Курзат М 68, в.г.	
	Наутіл, ВГ	Манкоцеб 680 г/кг + цимоксаніл 50 г/кг
Ордан МЦ, ЗП	Манкоцеб, 640 г/кг + цимоксаніл, 80 г/кг	
Фантік М, ЗП	Беналаксил-М, 4% + манкоцеб, 65%	
Валіс М, ВГ	Валіфенал, 6,12% + манкоцеб, 70,6%	
Емендо М, ВГ		
Дитіокарбомати, карбонати	Татту 550 SC, КС	Манкоцеб, 302 г/л + пропамокарб гідрохлорид, 248 г/л
Інші хімічні сполуки, карбонати	Інфініто 687,5 SC, КС	Флуопіколід, 62,5 г/л + пропамокарб гідрохлорид, 625 г/л
	Магнікур Фіно SC 61, 687,5, КС	
	Консенто 450 SC, КС	фенамідон, 75 г/л + пропамокарб гідрохлорид, 375 г/л
	Магнікур Нео 450 SC, КС	
Інші хімічні сполуки	ЗАХИСТ, ЗП	Металаксил, 100г/кг + цимоксаніл, 250г/кг
	Ксеон, ЗП	
	ДОК Про, ЗП	Цимоксаніл, 300 г/кг + міклобутаніл, 200 г/кг
	Лінкс-Про WG, ВГ	Цимоксаніл, 150 г/кг + пропінеб, 600 г/кг
	Мелоді Дуо 66,8 WP, ЗП	Пропінеб, 613 г/кг + іпровалікарб, 55 г/кг
Інші хімічні сполуки, неорганічні сполуки міді	Курзат Р 44, ЗП	Цимоксаніл, 4.2% + оксихлорид міді (по міді) 39.75%
Інші хімічні сполуки, стробілурини	Тайтл 50 в.г	Цимоксаніл, 250г/кг+фамоксадон,250г/кг
	Танос 50, ВГ	
	Зорвек Інкантія, СЕ	Оксатіапіпролін, 30 г/л + фамоксадон, 300 г/л
	Юніформ 446 SE, СЕ	Металаксил-М, 124 г/л + азоксистробін, 322 г/л
	Сігнум®, ВГ	Боскалід, 267 г/кг + піраклостробін, 67 г/кг
Стробілурини, триазоли	Квадріс Топ 325 SC, КС	Азоксистробін, 200 г/л + дифеноконазол, 125 г/л
	Топ 325 к.с.	
	САМШИТ, КС	Крезоксим-метил, 100 г/л + дифеноконазол, 200 г/л
	Натіво 75 WG, ВГ	Трифлуксистробін, 250 г/кг + тебуконазол, 500 г/кг
Триазоли, інші хімічні сполуки	РЕВУС ТОП 500 SC, КС	Дифеноконазол, 250 г/л + мандіпропамід, 250 г/л
	Пропульс 250 SE, СЕ	Протіоконазол, 125 г/л + флуопірам, 125 г/л
Неорганічні сполуки	Фитал, РК	Алюмінію фосфіт, 570 г/л + фосфориста кислота, 80 г/л

Досить велика кількість препаратів (9 найменувань) містить діючі речовини, що відносяться до групи стробілуринів. Азоксистробін – володіє системною і контактною діями, захисний ефект досить тривалий. Дана діюча речовина ефективно бореться із справжньою та несправжньою борошністими росами, а також пригнічує розвиток рас збудника, які

стійкі до металаксилу та похідних триазолу. Основні властивості описані вище.

Не менш численна група морфолінів (8 препаратів). Диметоморф – системний фунгіцид, що призначений для боротьби з хворобами рослин, які викликані ооміцетами. Має високу ефективність проти фітофторозу картоплі. Характери-

ується контактною та проникною дією. Має інший, від феніламідів, механізм дії – викликає протиспороутворюючий ефект. Змінює природний морфогенез клітинної стінки грибів, порушуючи їх нормальний цикл розвитку. Через 1–2 години після обробки майже повністю поглинається рослиною.

Шість препаратів містять діючу речовину, що відноситься до триазолів. Найбільш поширена серед них дифеноконазол. Його характеристика також наведена вище.

П'ять препаратів містять діючу речовину промакокарб гідрохлорид, що відноситься до карбоматів. Промакокарб характеризується фунгістатичною дією проти спор ґрунтових грибів. Потрапляючи до кореневої системи, він рухається в акропетальному напрямку та частково поглинається листками. До того ж препарати цієї групи стимулюють ростові процеси, завдяки більш активному розвитку мікробних колоній. Внаслідок цього рослини мають добре розвинену надземну та підземну частини, підвищується їх фізіологічна стійкість до хвороб. Період захисної дії цих препаратів становить 7–14 днів.

Інші діючі речовини містяться в одному-двох препаратах.

Одним із факторів значного ураження картоплі хворобами є низький рівень їх природної стійкості до них. Вченими встановлено, що сорти картоплі не мають окремих генів стійкості проти таких патогенів, як *Alternaria solani* та *Phytophthora infestans*. Ця стійкість обумовлена дією багатьох генів, тобто вона полігенна (Martynenko, 2016). Дослідники встановили також, що стійкість сортів картоплі до хвороб залежить від групи стиглості (Taktajev et al., 2018). Створити ранньостиглий сорт із польовою стійкістю до хвороб складно. Пізньостиглий сорт картоплі уражаються хворобами меншою мірою (Taktajev et al., (2018).

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що для захисту картоплі від хвороб є все необхідне. В арсеналі сільгоспвиробників є прості та складні протруйники, що захищають рослини картоплі від хвороб та шкідників на початковій стадії. Під час вегетації захист картоплі доцільно організовувати за допомогою простих або складних фунгіцидів, контактної, системної, профілактичної та лікувальної дії.

Бібліографічні посилання:

1. Ivanjuk, V. G., Banadysev, S. A., & Zhuromskij, G. K. (2005). Zashhita kartofelja ot boleznej, vreditel'ej i somnjakov [Protection of potatoes from diseases, pests and weeds]. Belprint, Minsk, 696 (in Russian).
2. Polozhenec', V. M., Nemeryc'ka, L. V., & Zhuravs'ka, I. A. (2012). Fungicydy proty al'ternariozu kartopli [Fungicides against potato *Alternaria*]. Karantyn i zahyst roslyn, 6, 24–26 (in Ukrainian).
3. Ahatov, A. K. (2013). Bolezni i vrediteli ovoshhnyh kul'tur i kartofelja [Diseases and pests of vegetables and potatoes]. GUP Moskovskaja typografija, Moskva, 463 (in Russian).
4. Markov, I. L., & Ruban, M. B. (2014). Dovidnyk iz zahystu pol'ovyh kul'tur vid hvorob ta shkidnykiv [Handbook for the protection of field crops from diseases and pests]. Junivist Media, Kyi'v, 188 (in Ukrainian).
5. Taktajev, B. A., Podberezko, I. M., & Ponomarenko, S. P. (2019). Vplyv elementiv zahystu na riven' urazhenosti sortiv kartopli hvorobamy za znyzhenoi' normy fungicydiv [Influence of protective elements on the level of disease of potato varieties at low rates of fungicides]. Kartopljarstvo Ukrai'ny, 2, 29–37 (in Ukrainian).
6. Ret'man, S. V., Lisovij, M. P., & Ret'man, M. S. (2013). Rejestracijni vyprobuvannja fungicydiv u sil's'komu gospodarstvi [Registration tests of fungicides in agriculture]. Feniks. Kyi'v, 45–47 (in Ukrainian).
7. Mel'nychuk, F. S., Ret'man, M. S., & Lepeshkin, I. V. (2014). Mehanizmy fungicydnogo zahystu [Mechanisms of fungicidal protection]. Feniks. Kyi'v, 66–67 (in Ukrainian).
8. Derzhavnyj rejestr pestycydiv i agrohimikativ, dozvolenyh do vykorystannja v Ukrai'ni 2008-2020. [State Register of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in Ukraine 2008-2020]. [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://menr.gov.ua/content/derzhavny-reestr-pestycydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vikorystannya-v-ukraini-dopovnennya-z-01012017-zgidno-vimog-postanovi-kabinetu-ministriv-ukraini-vid-21112007--1328.html>
9. Crop science Ukraine. [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.cropscience.bayer.ua/Products/Fungicides>
10. Agroresurs. [Electronic resource]. Access mode: URL: <http://www.agro.kr.ua>
11. Sammit-Agro Ukraine. [Electronic resource]. Access mode: URL: <http://www.summit-agro.com.ua/product/zagalnij-katalog-produktiv/penkoceb-zp>
12. Badvasy. [Electronic resource]. Access mode: URL: <http://www.badvasy.com.ua/uk/2012-11-17-16-40-47/2012-11-17-16-43-06/2013-04-12-10-17-22.html>
13. Katalog zasobiv zahystu roslyn Bayer [Catalog of plant protection products Bayer]. (2019). [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.lnz.com.ua/uploads/zsr-bayer-2019.pdf>
14. Golovnyj sajт dlja agronomiv [The main site for agronomists]. [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://superagronom.com>
15. Pesticidy.ru. [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.pesticity.ru>
16. Shyta, O. V. (2019). Zahyst kartopli vid osnovnyh shkidnykiv ta hvorob [Protection of potatoes from major pests and diseases]. Karantyn i zahyst roslyn, 1–2, 18–21 (in Ukrainian).
17. Lazarchuk, L. A. (2015). Efektyvnist' elementiv systemy zahystu kartopli vid hvorob i kolorads'kogo zhuka. [The effectiveness of elements of potato protection systems against diseases and the Colorado potato beetle]. Visnyk ZhNAEU. Roslynyctvo, selekcija ta nasynnyctvo, 1(47), 174–180 (in Ukrainian).
18. Ret'man, M. S., Mel'nychuk, F. S., Drozd, P. Ju., & Marchenko, O. A. (2015) Fungicydni systemy zahystu kartopli, shho zastosovujut'sja v umovah intensyvnyh agrotehnologij [Fungicide systems of potato protection used in the conditions of intensive agrotechnologies]. Roslynyctvo ta g'runtoznavstvo, 210, 290–294 (in Ukrainian).
19. Sergijenko, V. (2015). Efektyvnist' fungicydiv proty hvorob kartopli. [Efficacy of fungicides against potato diseases].

Agrobiznes s'ogodni, 15–16. [Electronic resource]. Access mode: URL: <http://agro-business.com.ua/agro/item/572-efektyvnist-funhitydiv-proty-khvorob-kartopli.html>

20. Sergijenko, V. (2019) Efektyvnist' fungicydiv proty hvorob kartopli [Efficacy of fungicides against potato diseases]. Propozycja. №5 [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://propozitsiya.com/ua/efektyvnist-fungicydiv-proty-hvorob-kartopli>

21. Bilovus, G. (2017). Fitoforoz kartopli [Potato late blight]. Visnyk Agroforum, 12(59), 21–23 (in Ukrainian).

22. Fedorchuk, S. V., Polozhenec' V. M., Nemeryc'ka L.V., Zhuravs'ka I. A., & Chajka O. V. (2017). Fungicydna aktyvnist' himichnyh ta biologichnyh preparativ proty Phytophthora infestans ta Alternaria solani kartopli. [Fungicidal activity of chemical and biological preparations against Phytophthora infestans and Alternaria solani potatoes]. Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Serija «Fitopatologija ta entomologija», 1–2, 155–159 (in Ukrainian).

23. Ruzhenkova, O. (2016). Kartopljani vyprobuvannja Agrico and Syngenta. [Potatoes testing Agrico and Syngenta]. Plantator, 4, 64–67 (in Ukrainian).

24. Mel'nikova, E. S. (2020). Ispol'zovanie fungicidnyh protravitelej na kartofele v uslovijah Central'nogo Chernozem'ja [The use of fungicidal dressings on potatoes in the conditions of the Central Black Earth Region]. Zashhita kartofelja, 1, 9–10 (in Russian).

25. Bomok, S. K. (2019). Vplyv protrujnykiv ta reguljatoriv rostu na rozvytok al'ternariozu kartopli v umovah Polissja Ukrai'ny. Karantyn i zahyst roslyn, 7–8, 18–22. doi: 10.36495/2312-0614.2019.7-8.18-22

26. Dovgal', M., Choni, S., & Bondar, O. (2016). Selest Top – zbalansovanyj zahyst. [Celest Top - balanced protection]. Propozycja, 2, 118–119 (in Ukrainian).

27. Prosti rishennja dlja zahystu kartopli [Simple solutions for potato protection]. (2020). Adama, 72 (in Ukrainian).

28. Martynenko, V. I. (2016). Fitoforoz kartopli ta zahody zahystu vid n'ogo u NNVC «Doslidne pole» HNAU im. V. V. Dokuchajeva. [Potato late blight and protection measures against it in NNVC "Experimental field" HNAU. V. V. Dokuchaeva]. Visnyk HNAU. Serija «Fitopatologija ta entomologija», 1–2, 57–62 (in Ukrainian).

29. Taktajev, B. A., Podberezko, I. M., Fedorenko, O. L., & Olijnyk, T. M. (2018). Reakcija sortiv kartopli na elementy tehnologii kontrolju fitopatogeniv v agrocenozah kul'tury [Reaction of potato varieties to elements of phytopathogen control technology in agrocenoses of culture]. Karantyn i zahyst roslyn, 9–10, 9–17 (in Ukrainian).

30. Taktajev, B. A., Podberezko, I. M., & Fedorenko, O. L. (2018). Reakcija sortiv kartopli [Reaction of varieties]. Karantyn i zahyst roslyn, 10, 9–16 (in Ukrainian).

Dubovyk V. I., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agronomy University, Sumy, Ukraine

Dubovyk O. O., PhD (Agricultural Sciences), Sumy, Ukraine

Kovalenko I. M., Doctor (Biological Sciences), Professor, Sumy National Agronomy University, Sumy, Ukraine

Kruchko L. V., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agronomy University, Sumy, Ukraine

Kovalenko V. M., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agronomy University, Sumy, Ukraine

Dubovyk M. V., Student of the Agrotechnology and Nature Management Faculty, Sumy National Agronomy University, Sumy, Ukraine

USE OF FUNGICIDES ON POTATO PLANTS

Potato production in Ukraine is concentrated in the private sector, where it is grown without crop rotation. This leads to the accumulation of infection in the soil and the deterioration of the phytosanitary condition of potato plantings. As a result, the degeneration of potatoes is accelerating. The State Register of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in Ukraine registers a large number of fungicides that are permitted for use on potatoes. Among almost 90 drugs, 1/3 are simple fungicides, and 2/3 are complex drugs that have a longer spectrum of action and longer effect. All drugs are divided into three main groups of origin: biological (cydiox O, pseudobacterin-2), inorganic (blue burgundy, cuproxate, coside, extra honey), organic (the most common group). The article considers the modern range of fungicides of different chemical groups recommended for use on potato varieties. According to the research results the most common active substances are derivatives of carbamic and dithiocarbamic acids (mancozeb, metiram), other chemical compounds (metalaxyl-M, cymoxanil), morpholines (dimetomorph), strobilurins (azoxystrobin, triamoxalodone) and also it given an assessment of the current range of fungicides recommended for use on potato varieties. Everything is necessary to protect potato varieties from diseases. It is necessary to begin protection with use of the combined disinfectants which provide reliable preservation of sprouts of culture, further contact and combined drugs are used. The first treatment is carried out with combined drugs that quickly penetrate the plant and redistribute in it. All combined drugs are used before flowering, after which the treatment is carried out only with contact drugs. High efficiency is shown by the system of protection according to which use of contact drugs alternates with system-contact in 10 days. One of the factors of significant disease damage to potatoes is also the low level of natural resistance to them. The researchers note that potato plants do not have large resistance genes against *Phytophthora infestans* and *Alternaria solani*, so the resistance index is determined by the type of polygenic resistance. Scientists have found that the field resistance of potatoes to disease correlates with late ripening. Therefore, the creation of early-maturing varieties with field resistance is quite problematic. This explains the fact that most varieties of early maturity are much more affected by disease than late varieties.

Key words: fungicide, potato, active substance, consumption rate, chemical group.

Дата надходження до редакції: 17.01.2020 р.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ НА ФОРМУВАННЯ ПОВТОРНОГО ЗАБУР'ЯНЕННЯ КОНОПЕЛЬ ПОСІВНИХ

Кабанець Віктор Михайлович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, директор
Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН України, с. Сад, Сумська область, Україна
ORCID: 0000-0002-5981-7184
agronauka@gmail.com

Світлові (енергетичні) умови вегетації рослин конопель посівних проявляють безпосередній вплив як на рослини культури та їх габітус, так і на нові сходи рослин бур'янів, що розпочинали свою вегетацію після того, як ґрунтові гербіциди послаблювали свою захисну функцію. Появу таких бур'янів у посівах називають повторним забур'яненням. Контролювати повторне забур'янення складно. Правомірно узагальнити, що густина стояння посівів конопель і, відповідно, їх оптична щільність є достатньо дієвим, дешевим й екологічним фактором впливу на процеси забур'янення. Особливо ефектне застосування таких факторів впливу на показники повторного забур'янення посівів, коли застосування будь-яких агротехнічних чи хімічних прийомів на нові сходи бур'янів є дуже ускладненим або і просто неможливим.

Дослідження, які були проведені впродовж 2014–2016 років, в умовах польового досліду Інституту луб'яних культур НААН України по визначенню впливу світлових режимів конопель посівних на формування повторного забур'янення посівів, передбачали п'ять варіантів із різною густиною стояння стеблостою конопель посівних, які формували різні показники оптичної щільності посівів. У досліді визначали такі показники світлового режиму, як падаючий потік енергії ФАР та пропускання світла посівом до ґрунту. Обліки бур'янів проводили згідно вимог "Методики випробування і застосування пестицидів". Забур'яненість посівів визначали кількісним і кількісно-ваговим методами.

В результаті проведених досліджень встановлені закономірності формування забур'яненості за різної густоти стеблостою культури, а також між параметрами забур'яненості та світловими режимами посівів конопель посівних. Встановлений прямий лінійний зв'язок між пропусканням світла до ґрунту посівами конопель посівних та кількістю і масою бур'янів. Критичними датами надходження енергії ФАР до ґрунту для формування повторного забур'янення були третя декада липня і третя декада вересня. При густоті стояння рослин конопель посівних у 1,65 млн шт./га склалися умови, при яких більшість рослин бур'янів у повторному забур'яненні не змогли досягти віргінільного етапу органогенезу. Тобто можна стверджувати, що саме у посівах із густиною стеблостою 1,65 млн шт./га досягаються умови для найменшого розвитку повторного забур'янення за рахунок мінімуму приходу енергії ФАР, необхідної для повноцінної генеративної продуктивності бур'янів.

Таким чином, розробка прийомів контролювання процесів повторного забур'янення посівів конопель посівних на основі фітоценотичних факторів заслуговує на широке впровадження в аграрне виробництво як достатньо ефективних та екологічно обґрунтованих.

Ключові слова: технологія, динаміка ФАР, густина стеблостою, бур'яни.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.5>

Вступ. Показники світлових режимів є найбільш лабільними серед усіх факторів впливу на рослини. Навіть протягом одного світлового дня вони змінюються у дуже великому діапазоні не лише за інтенсивністю освітлення посівів, проникненням променів у глибину посівів, величиною альbedo, а й за структурою сонячних променів залежно від довжини світлових хвиль. Істотно змінюються показники світлових режимів і протягом вегетації посівів (Кабанец', 2017). Сонячні промені навіть у діапазоні ФАР (частина променів сонячного спектра з довжиною хвиль від 380 до 710 нм) не однаково цінні для процесу фотосинтезу, що відбувається у клітинах хлоренхіми листових пластинок та стебел рослин конопель посівних (Mourad et al., 2020).

Листки зелених рослин, як відомо, є гетерогенними оптичними системами, що використовують енергію сонячних променів, у першу чергу, фіолетово-синього діапазону та жовто-червоної частини ФАР. Частина діапазону сонячної енергії ФАР, орієнтовно від 510 до 600 нм (світло-зеленої частини сонячного спектру або "зелене вікно") для процесів фотосинтезу поглинається оптичними структурами хлорофілів *a* і *b* орієнтовно у кількості 12–16 % і, в основному, після багаторазового відбивання у тканинах листка розсіюється (ефект дисипації) у просторі. Лише незначна частина зеленого світла

може бути засвоєна пігментами, які зосереджені у хлоропластах клітин хлоренхіми: каротином, ксантофілом, антоціанами і на наступному етапі, після передачі електронів молекулам хлорофілу *a*, використана у реакційних центрах фотосистем у процесі фотосинтезу (Rudnik-Ivashhenko, 2010; Kunz et al., 2020). Відповідно, потік енергії ФАР, який реєструється у глибині посівів, містить значну частку енергії зелених променів, які є складовою частиною діапазону світлових хвиль ФАР), проте їх цінність для процесів фотосинтезу істотно менша, порівняно з прямими сонячними променями (Rudnik-Ivashhenko, 2009).

Світлові (енергетичні) умови вегетації рослин конопель посівних проявляли безпосередній вплив, як на рослини культури та їх габітус, так і на нові сходи рослин бур'янів, що розпочинали свою вегетацію після того, як ґрунтові гербіциди послаблювали свою захисну функцію. Появу таких бур'янів у посівах називають повторним забур'яненням (Kuznecova & Bagrinceva, 2015). Контролювати повторне забур'янення складно, оскільки застосовувати гербіциди для їх знищення практично неможливо через висоту рослин культури та небезпеку викликати хімічні стреси у рослин конопель посівних. Присутність бур'янів повторного забур'янення негативно

впливає на рослини культури та знижує їх біологічну продуктивність (Campiglia et al., 2017, Kuznesova et al., 2019).

Рослини культури, що вже досягли значного росту та розвитку, мають здатність самостійно, завдяки власному продуктивному потенціалу виступати ефективними едифікаторами-домінантами у створених людиною агрофітоценозах. Після майже повного освоєння ними наявних у посівах екологічних ніш, вони позбавляють нові сходи бур'янів факторів існування, у першу чергу, одного з незамінних – енергії світла (Ahmadvand et al., 2009).

Такі прийоми взаємовпливу компонентів є цілком природними і характерними для природних і штучних рослинних комплексів – фітоценозів. Значення кожного з видів, що є складовими частинами як природних фітоценозів, так і штучно створених людиною агроценозів, у першу чергу, залежить від величини маси, яку вони здатні формувати у процесі своєї вегетації по відношенню до загальної маси, яку формує весь фітоценоз (Affi & Swanton, 2012).

Посіви конопель посівних за оптимальної оптичної щільності росту та розвитку рослин культури здатні формувати біологічну масу, що становить 97–99 % маси всіх рослин, що зростали у посівах (Кабалес', 2016). Наукові дослідження і широка виробнича практика переконливо доводять, що маса рослин бур'янів як первинного, так і повторного забур'янення, що становить не більше 1–3 % від загальної маси рослин агроценозу, не здатна проявляти істотного негативного впливу на рівень урожайності посівів культурних рослин (Kochik & Vorona, 2008). Тому дослідження щодо проходження світлового потоку до ґрунту, залежно від густоти стеблостою та вивчення його впливу на формування повторного забур'янення, є актуальним.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження по визначенню впливу світлових режимів конопель посівних на формування повторного забур'янення посівів проводили впродовж 2014–2016 років в умовах експериментальної бази Інституту луб'яних культур НААН України. Польові досліді були закладені згідно загальноприйнятих методик (Dospřehov, 1985). Матеріал досліджень – сорт Гляна.

Враховуючи, що густина посівів, у першу чергу, забезпечується нормою висіву, то схема досліді була наступною:
 варіант 1 – норма висіву 0,5 млн шт./га;
 варіант 2 – норма висіву 1,0 млн шт./га;
 варіант 3 – норма висіву 1,5 млн шт./га;
 варіант 4 – норма висіву 2,0 млн шт./га;
 варіант 5 – норма висіву 2,5 млн шт./га.

В досліді визначали такі показники світлового режиму, як падаючий потік енергії ФАР та пропускання світла посівом

до ґрунту. Дослідження проводились із використанням фотоінтегратора конструкції Б. І. Гуляєва (Guljaev et al., 1989) із селективними світловими фільтрами, що дозволяло враховувати, у першу чергу, інтенсивність потоку енергії ФАР і визначати світловий режим посівів культури. Інтенсивність потоку енергії ФАР у посівах конопель посівних оцінювали за методикою Х. Г. Тоомінга–Б. І. Гуляєва (Тоомінг, 1977). Дати проведення досліджень по визначенню енергії ФАР по роках досліджень були фіксованими. Заміри проводились у третій декаді всіх місяців вегетації, а саме: 24 травня, 24 червня, 24 липня, 24 серпня, 24 вересня.

Параметри змін інтенсивності потоку енергії ФАР здійснювали у посівах культури із різною густиною рослин. Рух датчика фотоінтегратора у посівах під час кожного заміру здійснювали за тим самим маршрутом, що і у попередні заміри. Заміри інтенсивності потоку енергії ФАР проводили у 6-ти разовій повторності. Проведення замірів потоків енергії ФАР у посівах конопель посівних проводили з урахуванням фаз розвитку рослин культури у фіксовані години дня.

Забур'яненість посівів визначали кількісним і кількісно-ваговим методом у кінці вегетації конопель посівних. Для цього по діагоналі ділянки у 4-х місцях на однакових відстанях на поверхню ґрунту накладали рамки, площею 0,25 м² на кожному повторенні досліді. У межах кожної рамки визначали видовий склад бур'янів, їх масу та кількість. Обліки бур'янів проводили згідно вимог «Методики випробування і застосування пестицидів» (Tribel' et al., 2001). Статистичний аналіз результатів досліджень (Jermantraut, 2003) проводили з використанням прикладної комп'ютерної програми Statistica-6 (Osipov et al., 2017).

Результати. Умови вегетації молодих рослин бур'янів повторного забур'янення від самого початку їх росту і розвитку після виходу на поверхню ґрунту у посівах конопель посівних були різними. У першу чергу, істотно відрізнялись світлові режими для таких рослин.

Основним параметром, що впливав на істотну зміну показників оптичної щільності та проективного покриття бур'янами протягом вегетації конопель посівних є густина стеблостою культури. Відповідно до схеми досліді густина стояння рослин культури у посівах конопель посівних за варіантами значно коливалась. На формування стеблостою, у першу чергу, впливала норма висіву та польова схожість насіння (табл. 1). За результатами досліджень густина посівів конопель посівних коливалась по варіантах від 450 тис. стебел до 2,2 млн/га. Крок між варіантами коливався від 350 до 580 тис. стебел на 1 га посівів.

Таблиця 1

Формування густоти стеблостою коноплями посівними, 2014–2016 рр.

Варіант досліді	Норма висіву, млн шт./га	Польова схожість, %	Густина стеблостою, млн шт./га
Варіант 1	0,5	89	0,45
Варіант 2	1,0	85	0,85
Варіант 3	1,5	80	1,20
Варіант 4	2,0	81	1,62
Варіант 5	2,5	88	2,20

Формуючи загальне уявлення про динаміку проходження світлового потоку до ґрунту необхідно розглянути величину світлового потоку, який надходив у той чи інший період вегетації, коли проводилися заміри потоку енергії ФАР.

Його надходження розподілялось наступним чином (рис. 1): падаючий світловий потік мав загальну тенденцію до зниження показників під час вегетації рослин, за виключенням періоду з 24 травня по 24 червня.

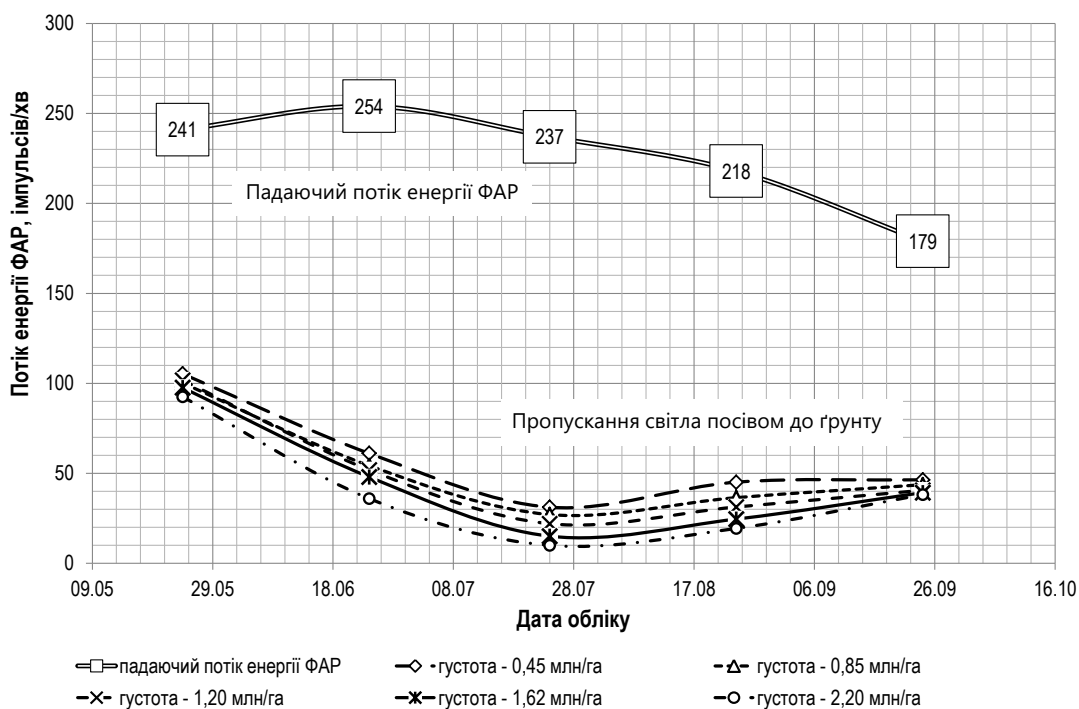


Рис. 1. Динаміка падаючого потоку енергії ФАР та пропускання світла до ґрунту в посівах конопель посівних, 2014–2016 рр.

Динаміка падаючого потоку енергії ФАР описувалася поліноміальним рівнянням другого ступеню (1) з точністю до 98,8 %

$$Y = -0,008 x^2 + 700,23 x - 2E + 07 \quad (1)$$

Менш точним описом динаміки зазначеного параметра, з точністю у 75 %, є лінійне рівняння (2), яке вказує на те, що за виключенням спостережень 24 червня, динаміка падаючого потоку енергії ФАР в процесі спостереження знижувалась із середньою інтенсивністю 0,5 імпульсів фотоінтегратора/хв. за добу;

$$Y = -0,521 x + 23197 \quad (2)$$

При дослідженні динаміки пропускання світла посівом до ґрунту за варіантами досліджень встановлено, що всі варіанти мали загальну тенденцію. Незважаючи на різну інтенсивність зміни показників, залежно від густоти стояння, векторне направлення функцій було характерним для усіх варіантів досліджу.

Так, динаміка пропускання світла у перші два місяця спостережень мала тенденцію до зниження. Швидкість зниження у варіанті з густиною стеблостою 0,85 млн шт./га складала 1,2 імпульсу фотоінтегратора/хв. за добу ($R^2 = 0,98$), а у варіанті з густиною у 2,2 млн шт./га – 1,4 імпульсу фотоінтегратора/хв. на добу ($R^2=0,96$). Ці показники є граничними (крайовими) для досліджу. Стартові дані по варіантах різнилися і протягом всього періоду спостережень. Пропускання світла до ґрунту зростало у напрямі від варіантів з більшою густиною стеблостою до варіантів з меншою. Мінімальні значення показників по всіх варіантах відзначалися 24 липня і в подальшому спостерігалось їх збільшення. Це пояснюється початком фази формування насіння рослинами у посіві. Саме

в цю фазу розвитку інтенсивність фотосинтезу в рослин є максимальною, і при подальшому вегетуванні її параметри знижуються, що і пояснює більшу проникливість світла до ґрунту у посівах конопель.

Результати досліджень повторного забур'янення залежно від густоти стеблостою на одиницю площі конопель посівних вказували на те, що динаміка показників забур'яненості (кількості та маси бур'янів) та кількості стебел коноплі посівної на 1 га мала зворотною лінійну залежність (рис. 2). Так, залежність кількості бур'янів від густоти стеблостою на 96,3 % описувались таким зворотнім лінійним рівнянням (3):

$$Y = -20,36 x + 60,7 \quad (3)$$

При цьому, динаміка формування вагових показників забур'яненості на 89,2 % описувалась зворотнім лінійним рівнянням, яке мало наступний вигляд (4):

$$Y = -3,00 x + 7,17 \quad (4)$$

Для визначення дат надходження енергії ФАР до ґрунту, які були критичними при формуванні повторного забур'янення у посівах конопель посівних, була побудована множинна лінійна кореляція між кількістю бур'янів (Y) та пропусканням світла до ґрунту (X_n).

Встановлено, що основні аргументи впливу – це значення інтенсивності пропускання світла до ґрунту на дати замірів 24 липня та 24 вересня. На підставі отриманих даних побудована прогностична модель (5), яка описувалась рівнянням:

$$Y = +9695,91 - 5,18313 x_3 - 70,4083 x_5 \quad (5)$$

де x_3 – дані замірів 24.07, x_5 – дані замірів 24.09.

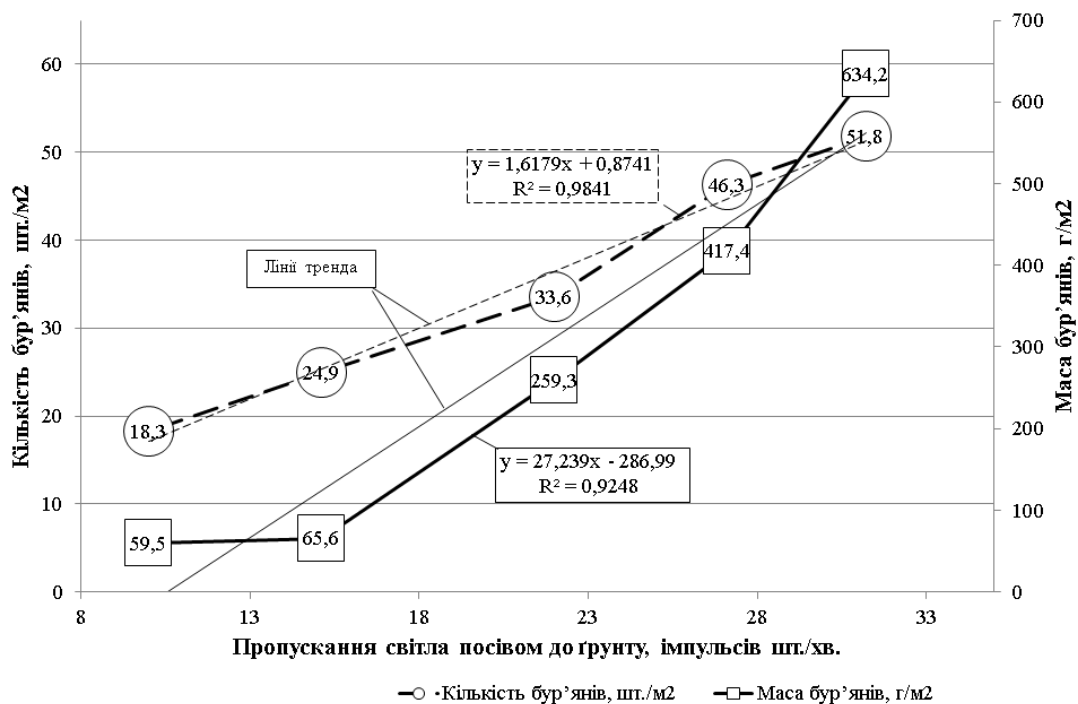


Рис. 2. Динаміка формування показників забур'яненості при повторному забур'яненні залежно від густоти стеблостою, середнє за 2014–2016 рр.

Ця модель мала наступні статистичні характеристики: стандартне відхилення – 21,33, стандартну помилку – 0,087, коефіцієнт детермінації – 0,992.

Графік залежності параметрів забур'яненості від пропускання світла до ґрунту на дату заміру 24.07 визначав формування кількості бур'янів у вигляді лінійного рівняння (рис. 3) з точністю 98,4 %, яке вказувало на збільшення кількості бур'янів із кроком 1,6 шт./м² на 1 імпульс фотоінтегратору/хв.

Маса бур'янів також лінійно залежала від пропускання світла на дату заміру і знижувалась із швидкістю 27,3 г/м² на 1 імпульс фотоінтегратору/хв. Слід зазначити, що на відрізку від 10 до 15 імпульсів фотоінтегратору/хв. маса бур'янів знижувалась лише на 1,2 г/м², що складало 4,5 % від прогнозу. Така закономірність вимагає пошуку пояснення даного явища.

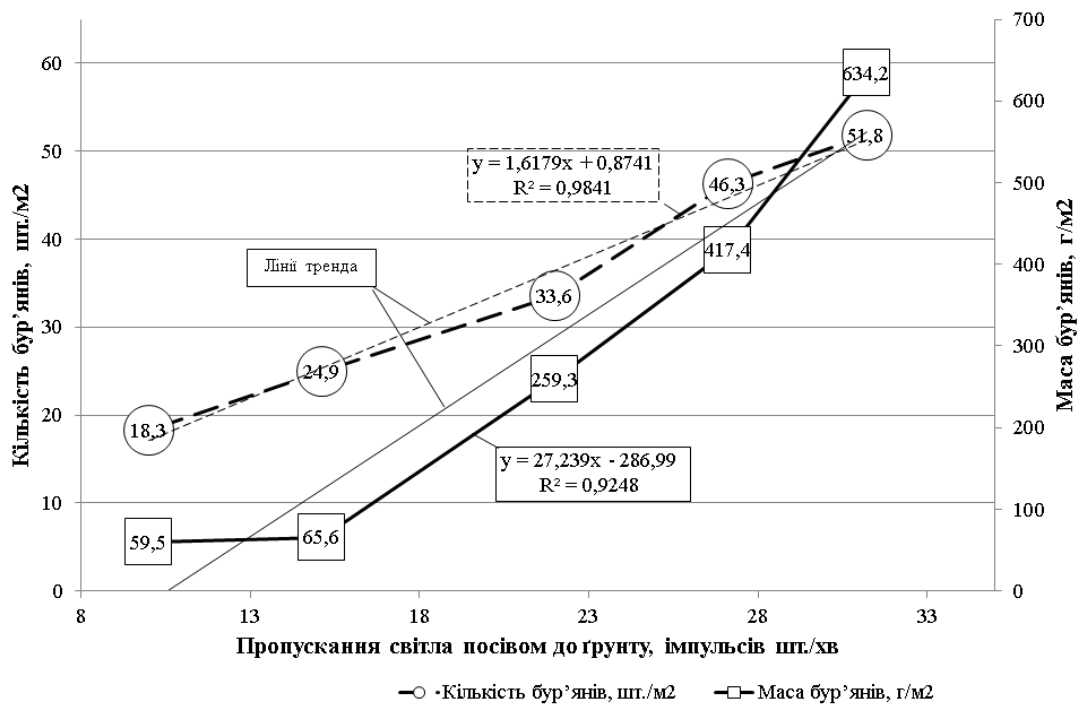


Рис. 3. Динаміка формування забур'яненості залежно від показників пропускання світла до ґрунту на дату обліку 24.07, 2014–2016 рр.

При побудові графіку залежності кількості бур'янів та їх маси від кількості енергії ФАР, що потрапила в нижній ярус посівів конопель посівних на дату заміру 24 вересня (рис. 4), встановлено, що кількісні показники забур'яненості на 96,1 % описувались рівнянням лінійної регресії (6), яка мала вигляд:

$$Y = 4,10x - 135,82 \quad (6)$$

Маса бур'янів також була тісно зв'язана із пропусканням світла посівом до ґрунту. Ця залежність на 97,6 % описувалась лінійним рівнянням (7):

$$Y = 71,77x - 2701,5 \quad (7)$$

Інтенсивність зростання кількості бур'янів залежно від пропускання світла до ґрунту в вересні складала 4,1 шт./м², а їх маса – 71,8 г/м² на 1 імпульс фотоінтегратору/хв. Таким чином, енергія ФАР в осінній період у 2,6 рази була більш впливовою на розвиток повторного забур'янення, ніж надходження потоку світла до ґрунту у липні.

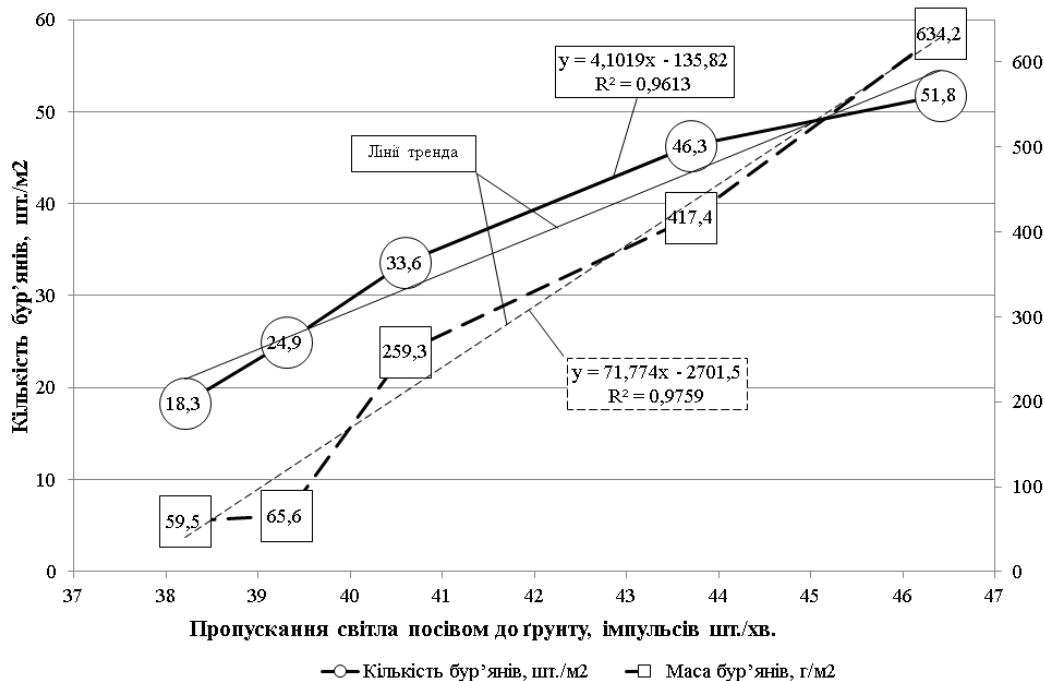


Рис. 4. Динаміка формування показників забур'яненості залежно від показників пропускання світла до ґрунту на дату обліку 24.09, 2014–2016 рр.

При більш детальному аналізі формування повторної забур'яненості у посівах з різною густиною стояння рослин встановлено, що посіви конопель посівних, які мали найменший стеблостій (0,45 млн шт./га), у процесі своєї вегетації формували найменшу оптичну щільність. Проективне покриття таких посівів наступало пізніше, порівняно з іншими варіантами дослідів. Відповідно, до нижнього ярусу посівів і до поверхні ґрунту в таких посівах надходила найбільша кількість світла. Обліки, проведені 24.09, виявили наявність у таких посівах конопель посівних рослини бур'янів повторного забур'янення у кількості 51,8 шт./м² з біологічною масою 634 г/м², або 6,3 т/га.

З підвищенням густоти стояння рослин конопель посівних у варіантах дослідів, оптична щільність посівів поступово збільшувалась і тому умови для появи нових сходів рослин бур'янів ускладнювались. У варіанті із густиною стояння 0,85 млн шт./га кількість бур'янів зменшилася на 10,6 %, а їх маса – на 34,2 % відносно попереднього варіанту. При стеблостій рослин конопель посівних у 1,2 млн шт./га середня кількість сходів бур'янів повторного забур'янення у роки проведення досліджень становила 33,6 шт./м², а маса складала 2,59 т/га. У варіанті з густиною стояння рослин 1,62 млн шт./га показники забур'яненості знизилися відносно першого варіанту на 51,9 % за кількістю бур'янів та на 89,7 %

за їх масою. У посівах конопель посівних з максимальною густиною стояння рослин культури у дослідях (2,2 млн шт./га) кількість бур'янів повторного забур'янення була найменшою і досягала у середньому лише 18,3 шт./м². Маса бур'янів у таких посівах була зовсім незначною – 0,60 т/га. Відповідно і негативний вплив присутності бур'янів повторного забур'янення для рослин культури був мінімальним.

Зміни рівня освітленості у нижньому ярусі посівів конопель посівних залежно від різної густоти їх стояння проявляли диференційований вплив на умови росту і розвитку рослин бур'янів повторного забур'янення. Крім змін чисельності сходів бур'янів різних видів, результати обліків фіксують й інші зміни. Такі зміни можна оцінити за показниками середньої маси однієї рослини повторного забур'янення на ділянках варіантів дослідів (рис. 5). Якщо у посівах рослин культури з мінімальною густиною стояння (0,45 млн шт./га) бур'яни повторного забур'янення формували в середньому масу на одну рослину 12,2 г або 100 % (середня маса рослини бур'янів незалежно від видового складу забур'яненості), то з підвищенням показників оптичної щільності посівів конопель посівних змінювалась й інтенсивність потоку світла, у першу чергу, енергії ФАР, яка доходила до нижнього ярусу посівів, що розміщений біля поверхні ґрунту.

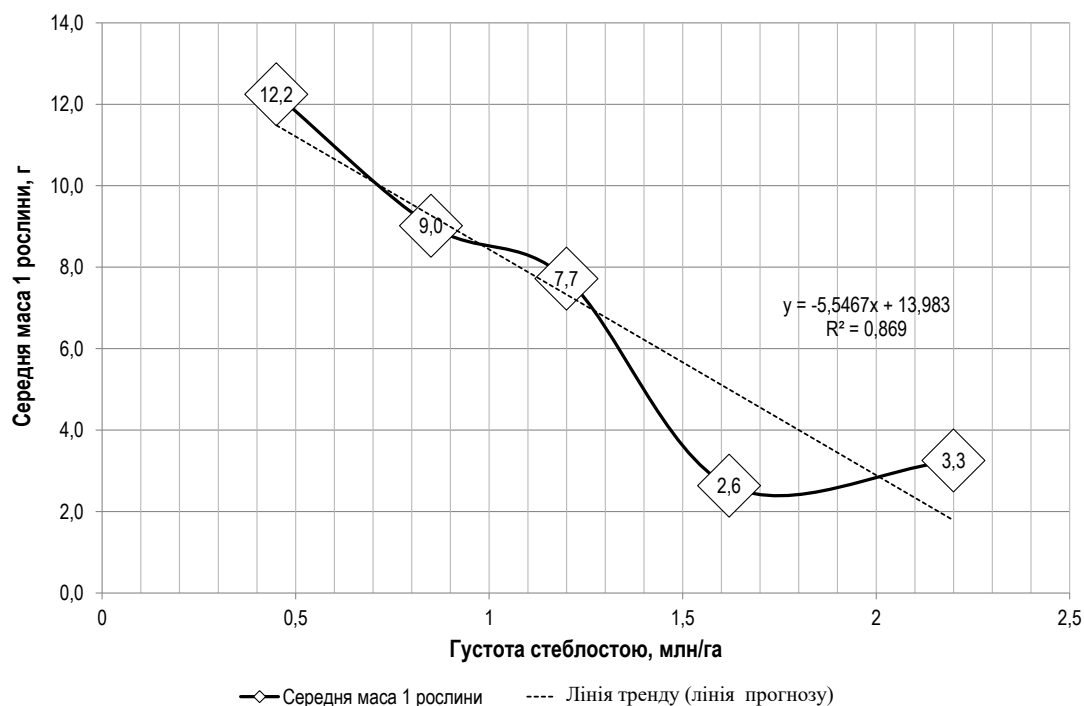


Рис. 5. Динаміка формування середньої маси рослин бур'янів залежно від густоти стеблостою конопель посівних, середнє за 2014–2016 рр.

Із погіршенням освітлення листків молодих сходів бур'янів, знижувалась їх здатність засвоювати енергію сонячних променів та формувати органічні речовини. Відповідно, показники формування середньої маси однієї рослини бур'янів повторного забур'янення за таких умов були меншими. Так, у посівах конопель посівних з густотою стояння 0,85 млн шт./га маса однієї рослини бур'янів повторного забур'янення становила у середньому за роки проведення досліджень 9,0 г/рослину. Отже, надходження світла до ґрунту при збільшенні густоти стеблостою в 1,9 рази (від 0,45 до 0,85 млн шт./га) зменшувало середню масу однієї рослини бур'яну на 26,2 %. На ділянках наступного варіанту дослідів, де густота рослин культури у період вегетації була на рівні 1,2 млн шт./га умови вегетації сходів рослин бур'янів повторного забур'янення були ще менш сприятливими, ніж на ділянках попередніх варіантів. Середній показник величини накопичення маси рослин бур'янів повторного забур'янення у роки проведення досліджень становив 7,7 г/рослину або 14,4 % до показників попереднього варіанту. Тобто, підвищення рівня густоти стояння рослин культури і, відповідно, зростання показників оптичної щільності посівів конопель посівних від 0,45 до 1,2 млн шт./га, призводило до зниження показників середньої маси однієї рослини бур'яну повторного забур'янення на 36,9 % від максимального показнику у досліді. Наступне підвищення густоти стояння рослин культури у посівах до 1,65 млн шт./га призводило до значного зниження показників накопичення маси сходів бур'янів повторного забур'янення різних видів. Середня маса однієї рослини в цьому варіанті знизилась до 2,6 г/рослину або становила тільки 21,3 % від максимального показника у досліді.

Таке істотне зниження здатності молодих сходів різних видів бур'янів здійснювати процеси фотосинтезу та формувати свою масу найбільш вірогідно є наслідком переви-

щення фізіологічної межі можливостей адаптації фотосинтетичного апарату до умов існування в умовах високого рівня дефіциту світлової енергії (Cousens & Mortimer, 1995). Такі рослини повторного забур'янення виживали, проте були нездатні формувати достатню надземну масу для послідовного росту і розвитку. Морфологічно сходи багатьох видів бур'янів тривалий період своєї вегетації перебували в іматурному стані органогенезу (Golovackaja & Karnachuk, 2015) і були не здатні формувати генеративні структури та досягти віргінільного етапу органогенезу (Tishhenko & Konopljа, 2020). До таких бур'янів відносять, наприклад, рослини *Setaria glauca* (L.) Pal. Beauv., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Solanum nigrum* L. та ін.

Частина рослин повторного забур'янення зберігала здатність досягати наступних етапів органогенезу: віргінільного, генеративного та сенильного. Проте вони залишалися неотенічними (карликовими) за розмірами та величиною накопиченої маси. У тих рослин, які спромоглись сформувати повноцінні насінини, насіннева продуктивність була на рівні кількох відсотків від рослин бур'янів того ж виду, що мали можливість росту і розвитку за кращих умов освітленості.

Подальше загущення посівів до 2,2 млн шт./га не призвело до зниження показнику середньої маси одного бур'яну повторного забур'янення. Тобто, при густоті стояння 1,65 млн шт./га спостерігається критичний рівень проходження енергії ФАР до ґрунту за період вегетації для формування повноцінних рослин бур'янів за повторного забур'янення. Саме цим пояснюється різке зниження інтенсивності падіння загальної маси бур'янів при збільшенні густоти стеблостою від 1,65 до 2,2 млн шт./га на фоні лінійного зменшення кількості бур'янів.

Обговорення. Проблема повторного забур'янення є загальною і важливою для всіх сільськогосподарських куль-

тур (Fried et al., 2017; Kostjuchko & Lihochvor, 2018). Враховуючи те, що основою для росту та розвитку автотрофних рослин є забезпечення їх енергією ФАР, то густина стояння культурних рослин у посіві є фактором, що безпосередньо впливає на надходження енергії до ґрунту, де саме починають проростати та розвиватися бур'яни при повторному забур'яненні (Lipitan, 2010; Varanasi et al., 2016). В результаті досліджень встановлено, що у посівах конопель посівних залежно від густоти стеблостою з'являються бур'яни повторного забур'янення з різними параметрами біомаси та морфологічними ознаками, що цілком узгоджується з даними, які отримані на інших культурах (Bilalis et al., 2010). Встановлені закономірності залежності кількості та маси бур'янів повторного забур'янення від густоти стояння культурних рослин у розрахунку на 1 га узгоджуються з результатами дослідів, які проводили на інших культурах (Ivashhenko, 2014). Критичні дати, які визначені як особливо впливові на формування повторного забур'янення, також знаходять підтвердження у дослідках інших вчених (Holt, 1995). Пояснити те, що сходи багатьох видів бур'янів тривалий період своєї вегетації морфологічно перебували в іматурному онтогенетичному стані органогенезу і у більшості своїй не змогли сформувати генеративні органи та досягти віргінільного етапу органогенезу при визначеній густоті стояння рослин, будь-якими іншими факторами, крім дефіциту ФАР неможливо (Ballaré & Casal, 2000). Розробка систем захисту посівів від бур'янів із врахуванням фітоценотичних факторів нині є перспективною (Westwood et al., 2018; Vlasova et al., 2020) і потребує подальшого дослідження.

Висновки. В результаті проведених досліджень закономірно узагальнити, що густина стояння посівів конопель і, відповідно, їх оптична щільність є достатньо дієвим, ефективним і екологічним фактором впливу на процеси забур'янення. Найбільш ефективне застосування вищезазначеного чинника впливу на показники повторної забур'яненості посівів за наявності у процесі вегетації періодів, при яких дуже ускладнене або неможливе проведення будь-яких агротехнічних або хімічних заходів проти нових сходів бур'янів.

Встановлений прямий лінійний зв'язок між пропусканням світла до ґрунту посівами конопель посівних та кількістю і масою бур'янів. Критичними датами надходження енергії ФАР до ґрунту для формування повторного забур'янення були третя декада липня та третя декада вересня. При густоті стояння рослин конопель посівних у 1,65 млн шт./га склалися умови, при яких більшість рослин бур'янів у повторному забур'яненні не досягла віргінільного етапу органогенезу. Тобто, можна стверджувати, що саме в посівах із густрою стеблостою 1,65 млн шт./га досягаються умови для найменшого розвитку повторного забур'янення за рахунок мінімуму приходу енергії ФАР, необхідної для повноцінної генеративної продуктивності бур'янів.

Таким чином, розробка прийомів контролювання процесів повторного забур'янення посівів конопель на основі фітоценотичних факторів заслуговує на широке впровадження у аграрне виробництво як достатньо ефективних та екологічно обґрунтованих заходів.

Бібліографічні посилання:

1. Kabanec', V. (2017). Vplyv svitlovykh rezhimiv na jakist' volokna konopel'. [Influence of light conditions on quality of hemp fiber]. *Visnik agrarnoi nauky*, 95(4), 23–27 (in Ukrainian). doi: 10.31073/agrovisnyk201704-04
2. Mourad, R., Jaafar, H., Anderson, M., & Gao, F. (2020). Assessment of Leaf Area Index Models Using Harmonized Landsat and Sentinel-2 Surface Reflectance Data over a Semi-Arid Irrigated Landscape. *Remote Sensing*, 12(19), 3121. doi:10.3390/rs12193121
3. Rudnik-Ivashhenko, O. I. (2010). Vmist hloroplastiv u listkah roslin prosa ta ih rol' v procesi fotosintezu. [Content chloroplasts in leaflets of plants millet is photosynthesis process]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 3(19), 11–18 (in Ukrainian).
4. Kunz, L. Y., Redekop, P., Ort, D. R., Grossman, A. R., Cargnello, M., & Majumdar, A. (2020). A phytophotonic approach to enhanced photosynthesis. *Energy & Environmental Science*, 13(12), 4794–4807. doi: 10.1039/D0EE02960B
5. Rudnik-Ivashhenko, O. I. (2009). Produktivnist' fotosintezu v roslin prosa za fazami jogo rozvitku na riznih fonah mineral'nogo zhivlennja [The productivity of photosynthesis at the plants of millet after the phases of development and mineral feed]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 3 (in Russian).
6. Kuznecova, S. V., & Bagrinceva, V. N. (2015). Sornye rastenija v posevah kukuruzy. [Weedage in the maize crops] *Zemledelie*, 6 (in Russian).
7. Campiglia, E., Radicetti, E., & Mancinelli, R. (2017). Plant density and nitrogen fertilization affect agronomic performance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 100, 246–254. doi:10.1016/j.indcrop.2017.02.022
8. Kuznecova, S. V., Bagrinceva, V. N., & Guba, E. I. (2019). Sravnitel'noe izuchenie jeffektivnosti gerbicidov v posevah kukuruzy v Stavropol'skom krae. [Comparative efficiency study of herbicides in corn crops in Stavropol territory]. *Plant Protection News*, 2 (in Russian).
9. Ahmadvand, G., Mondani, F., & Golzardi, F. (2009). Effect of crop plant density on critical period of weed competition in potato. *Scientia Horticulturae*, 121(3), 249–254. doi:10.1016/j.scienta.2009.02.008
10. Afifi, M., & Swanton, C. (2012). Early physiological mechanisms of weed competition. *Weed Science*, 60(4), 542–551. doi.org/10.1614/WS-D-12-00013.1
11. Kabanec', V. M. (2016). Osoblivosti svitlovykh rezhimiv u posivah konopel' posivnih. [Features light modes in hemp crops]. *Visnik Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Serija: Agronomija i biologija*, 9, 101–106 (in Ukrainian).
12. Kochik, G. M., & Vorona, L. I. (2008). Fitocenotichnij kontrol' bur'janiv u agrocenozah zoni Polissja. [Phytophotonic control of bur'yaniv in agrocenoses of the Polissya zone]. *Zbirnik naukovih prac' Nacional'nogo naukovogo centru Institut zemlerobstva NAAN*, 2, 3–10. (in Ukrainian).
13. Dosphehov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]. M.: Prosveshhenie. (in Russian).

14. Guljaev, B. I., Rozhko, I. I., Rogachenko, A. D., Golik, K. N., Mitrofanov, B. A., & Borisjuk, V. A. (1989). Fotosintez, produkcionnyj process i produktivnost' rastenij. [Photosynthesis, production process and plant productivity]. Kiev: Nauk. dumka (in Russian).
15. Tooming, H. G. (1977). Solnechnaja radiacija i formirovanie urozhaja. L., Gidrometeoizdat, 200 (in Russian).
16. Tribel, S. O., Sigar'ova, D. D., & Sekun, M. P. (2001). Metodiki viprobuvannja i zastosuvannja pesticidiv. K., Svit (in Ukrainian).
17. Jermantraut, Je. R. (2003). Statisticheskij analiz mnogofaktornyh jeksperimentov. [Statistical analysis of multivariate experiments] Polevye jeksperimenty dlja ustojchivogo razvitija sel'skoj mestnosti, 70–73 (in Russian).
18. Osipov, M. A., Dmitrenko, N. N., & Jakovleva, E. A. (2017). Ocenka polevyh issledovanij metodom dispersionnogo analiza v programme Statistica. In [Evaluation of field research by analysis of variance in the program Statistica]. Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. (pp. 26-27) (in Russian).
19. Cousens, R., & Mortimer, M. (1995). Dynamics of weed populations. Cambridge University Press, Cambridge.
20. Golovackaja, I. F., & Karnachuk, R. A. (2015). Rol' zelenogo sveta v zhiznedejatel'nosti rastenij [Role of green light in physiological activity of plants]. Fiziologija rastenij, 62(6), 776–791 (in Russian).
21. Tishhenko, L. N., & Konoplja, R. A. (2020). Novye priemy kontrolja sornyh rastenij v posevah propashnyh kul'tur [New methods of control of weeds in row crops]. In Agrarnaja nauka-sel'skomu hozjajstvu, 314–316 (in Russian).
22. Fried, G., Chauvel, B., Reynaud, P., & Sache, I. (2017). Decreases in crop production by non-native weeds, pests, and pathogens. In Impact of biological invasions on ecosystem services. Springer, Cham, 83–101.
23. Kostjuchko, S. S., & Lihochvor, V. V. (2018). Vpliv sistem gerbicidnogo zahistu na segetal'nu roslinnist' u posivah cukrovih burjakiv u drugij polovini vegetacii. [Sugar-beets damage by diseases depending on fertilizers and fungicides]. Zhurnal agrobiologii ta ekologii. 5(1), 63–67 (in Ukrainian).
24. Lipitan, R. M. (2010) Rol' svitla u procesah zabur'janennja posiviv cukrovih burjakiv litom [The role of light in the weeding of sugar beet crops in summer]. Roslini-bur'jani: osoblivosti biologii ta racional'ni sistemi ih kontroljuvannja v posivah sil'skogospodars'kih kul'tur, 123–126 (in Ukrainian).
25. Varanasi, A., Prasad, P. V., & Jugulam, M. (2016). Impact of climate change factors on weeds and herbicide efficacy. In Advances in agronomy. Academic Press, 135, 107–146. doi: 10.1016/bs.agron.2015.09.002
26. Bilalis, D., Papastylianou, P., Konstantas, A., Patsiali, S., Karkanis, A., & Efthimiadou, A. (2010). Weed-suppressive effects of maize–legume intercropping in organic farming. International Journal of Pest Management, 56(2), 173–181. doi: 10.1080/09670870903304471
27. Ivashenko, O. O. (2014). Povtorne zabur'janennja posiviv kukurudzi vimagae uvagi [The repeated contamination of crops of corn demands attention]. Karantin i zahist roslin, 12, 5–8 (in Ukrainian).
28. Holt, J. S. (1995). Plant responses to light: a potential tool for weed management. Weed Science, 43(3), 474–482.
29. Ivashenko, O. O. (2010). Kontroljuvannja bur'janiv u posivah sil'skogospodars'kih kul'tur u sistemah stijkogo zemlerobstva. [Weed control in crops in sustainable farming systems]. Zbirnik naukovih prac' Nacional'nogo naukovogo centru Institut zemlerobstva UAAN, (3), 78–83 (in Ukrainian).
30. Westwood, J. H., Charudattan, R., Duke, S. O., Fennimore, S. A., Marrone, P., Slaughter, D. C., Swanton C. & Zollinger, R. (2018). Weed management in 2050: perspectives on the future of weed science. Weed science, 66(3), 275-285. doi:10.1017/wsc.2017.78
31. Vlasova, O. I., Smakuev, A. D., Perederieva, V. M., Volters, I. A., Drepa, E. B., & Bezgina, Y. A. (2020). Peculiarities of forming the weed component of agrophytocenosis of corn hybrids depending on the methods of basic soil treatment in the temperate moisture area. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 548(5), 052052. doi: 10.1088/1755-1315/548/5/052052

Kabanets V. M., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Director, Institute of Agriculture of the North-East of NAAS of Ukraine, Sad, Sumy region, Ukraine

INFLUENCE OF LUMINOUS FLUX PARAMETERS ON THE FORMATION OF RE-WEEDING OF HEMP CROPS

Light (energy) growing conditions of hemp plants have a direct effect on both crop plants and their habitat, as well as on new seedling plants of weeds that began their vegetation after soil herbicides weakened their protective function. The appearance of such weeds in crops is called re-weeding. Re-weeding is difficult to control.

It is fair to say that the density of hemp crops and, consequently, their optical density is a very effective, cheap and environmentally friendly factor influencing weeding processes. The application of such factors of influence on the indicators of re-weeding of crops is especially effective, when the application of any agronomic or chemical methods on new weed seedlings is very difficult or simply impossible.

Studies conducted during 2014–2016 in the field experiment of the Institute of Bast Crops of NAAS to determine the influence of light regimes of hemp sowing on the formation of re-weeding crops provided five options with different stocking densities of hemp sowing, which formed different indicators of optical density of crops. The experiment determined such indicators of the light regime as the incident energy flux of the headlights and the transmission of light by sowing to the ground. Weed surveys were performed according to the requirements of the "Pesticide Test and Application Methods". Crop weeds were determined quantitatively and quantitatively by weight.

As a result of the conducted researches the regularities of weed formation at different density of stems, as well as between weed parameters and light regimes of sowing hemp crops were established. There is a direct linear relationship between the transmission of light to the soil by sowing hemp and the number and weight of weeds. The critical dates for the release of FAR energy into

the soil for re-weeding were the third decade of July and the third decade of September. With a standing plant density of 1.65 million units/ha, conditions developed under which most weed plants in repeated weeding could not reach the virgin stage of organogenesis. That is, it can be argued that it is in crops with a stem density of 1.65 million units/ha conditions are achieved for the least development of re-weeding due to the minimum energy input of the headlights required for full generative productivity of weeds.

Thus, the development of methods for controlling the processes of re-weeding of hemp crops based on phytocenotic factors deserve widespread introduction into agricultural production, as quite effective and environmentally friendly.

Key words: *technology, PAR dynamics, plant density, weeds.*

Дата надходження до редакції: 30.12.2019 р.

**МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ДЕКОРАТИВНОСТІ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ВІДДІЛУ MAGNOLIOPHYTA
ЗА СУКУПНІСТЮ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ТА ОЗНАК ЖИТТЄЗДАТНОСТІ**

Кохановський Володимир Максимович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-1114-5905
kochanovsky.vm@ukr.net

Барна Микола Миколайович

доктор біологічних наук, професор
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна
ORCID: 0000-0002-6460-6058
barna@chem-bio.com.ua

Барна Любов Степанівна

кандидат біологічних наук, доцент
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна
ORCID: 0000-0002-7092-6488
barna@chem-bio.com.ua

Мельник Тетяна Іванівна

кандидат біологічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-3839-6018
tatmel72@ukr.net

Вперше розглянута і опробована інтегральна оцінка декоративності деревних рослин відділу Magnoliophyta. Методично впорядковані група ознак прямоформуючих декоративність деревних рослин (архітектоніка стовбура і крони з листовим покривом чи без нього; спадково типова форма крони з можливими адаптаційними варіантами; текстура та забарвлення кори стовбура, каркасних гілок і пагонів крони; розміри, колористика та тривалість життєздатності листового покриву; розміри та колір квіток і суцвіть, а також рясність і термін їх цвітіння; декоративна привабливість і термін зберігання плодів і суцвіть; аромат запахів кори і листків, квіток і суцвіть, плодів і суцвіть) та група опосередковано впливових показників на декоративність (пошкодженість – непередбачувані "негативи" життєвого стану деревних рослин; зимостійкість – протистояння деревних рослин і комплексу несприятливих умов зимою; морозостійкість – показник впливу морозів на деревні рослини у зимовий період) деревних рослин відділу Magnoliophyta.

Особлива увага зосереджена на використанні напрацьованих нами 5-ти бальних шкал оцінювання декоративності деревних рослин за 12-ма морфологічними ознаками (архітектоніка стовбура і крони, форма крони, забарвлення кори, розмір листків (хвої), колір листків, життєздатність листків, розмір квіток і суцвіть, колір квіток і суцвіть, тривалість цвітіння, привабливість плодів і суцвіть, збереження плодів і суцвіть, аромат запахів) та 3-ма показниками життєвого стану (пошкодженість) і природних умов місцезростань (зимостійкість, морозостійкість) деревних рослин.

Показано на прикладі *Betula pendula* Roth., що життєвий стан дерев, кущів і витких ліан відділу Magnoliophyta найбільш типово проявляє себе на вірґінільному, молодому, середньовіковому і старшому генеративних етапах онтогенезу. В цей час росту й розвитку видів таксонів своїм зовнішнім виглядом, як правило, естетично позитивно і емоційно піднесено сприймаються більшістю людей. Ці етапи онтогенезу квіткових деревних рослин відзначаються досить високою, якщо не максимальною декоративністю.

Ключові слова: дендрарій, архітектоніка стовбура і крони, видовий таксон, ландшафтна архітектура, ландшафтний дизайн, садово-паркове мистецтво, шкала оцінювання декоративності.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.6>

Деревні рослини відносять до групи основних елементів як лісових екосистем, так і зелених насаджень сучасних урбоекосистем. Зелені насадження великих чи малих міст та інших населених пунктів своєю присутністю створюють архітектурно комфортне середовище для життєдіяльності людини (Kolesnikov, 2018). Також відомо, що процес зеленого будівництва нескінченний, він постійно якісно оновлюється, деревні рослини завжди перебувають у полі зору фахівців (Rubtsov,

1977). Привабливість інфраструктури ландшафту місць проживання людини залежить також і від декоративних можливостей деревних рослин (Runova & Gnatkovich, 2014). Естетично важкими декоративними характеристиками деревних рослин відділу *Magnoliophyta* вважаються не тільки морфологічні ознаки видових таксонів, але й впливові критерії їх життєздатності та умов місцезростань (рис.1).

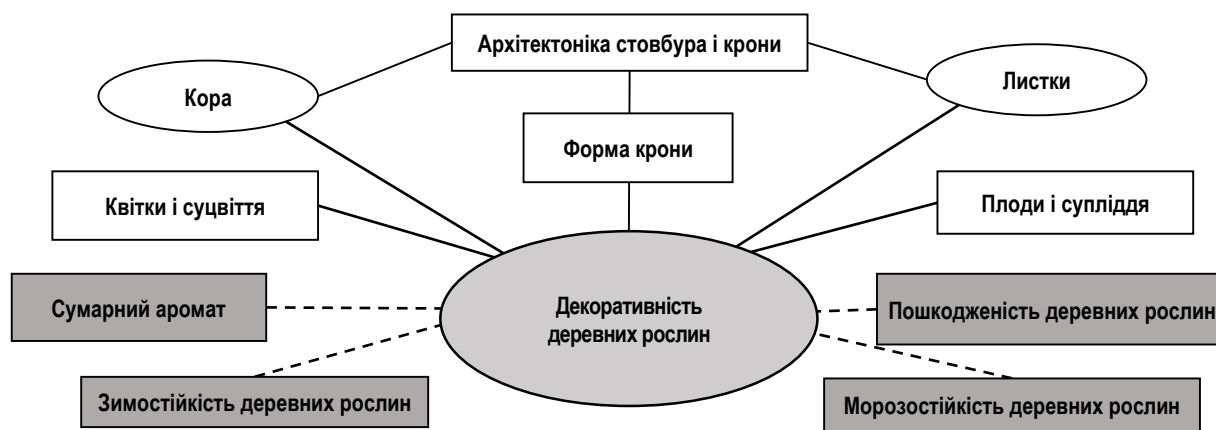


Рис. 1. Методологічні зв'язки морфологічних ознак та показників життєвого стану і умов місцезростань деревних рослин:

- прямоформуючі декоративність морфологічні ознаки;
- опосередковано впливові на декоративність показники.

Попередньо розділимо морфологічні ознаки, як ознаки декоративності та критерії життєздатності деревних рослин, на групи формування феномену "декоративність" у рослинному світі. Такими групами, ймовірно, слід вважати: групу прямоформуючих декоративність морфологічних ознак та групу опосередковано впливових на декоративність показників. Група морфологічних ознак, без сумніву, підкреслює декоративну "нарядність" загального вигляду квіткових деревних рослин, а група інших показників – основу їх життєздатності, або віталітету.

Основні морфологічні ознаки, що безпосередньо приймають участь у створенні ефектного вигляду покритонасінних деревних рослин, використовують, зазвичай, для оцінки їх декоративності (Kotelova & Vinogradova, 1974; Kokhanovskiy & Kovalenko, 2013). Зберігаючи послідовність зменшення ролі цих ознак у загальній організації структури квіткових деревних рослин, пропонуємо сформулювати їх наступним чином:

- архітектура стовбура і крони з листовим покривом чи без нього;
- спадково типова форма крони з можливими адаптаційними варіантами;
- текстура та забарвлення кори стовбура, каркасних гілок і пагонів крони;
- розміри, колористика та тривалість життєздатності листового покриву;
- розміри та колір квіток і суцвіть, а також яскравість і термін їх цвітіння;
- декоративна привабливість і термін зберігання плодів і суцвіть;
- аромат запахів кори і листків, квіток і суцвіть, плодів і супліддя.

Група опосередковано впливових показників на декоративність видових таксонів квіткових деревних рослин через «повітряний бар'єр», з одного боку, ніби й стимулює їх природну красу, а, з іншого, – «заважає» їм бути біологічно стійкими перед викликами сучасної цивілізації. Показники цієї групи декоративності квіткових деревних рослин загальновідомі:

- пошкодженість – непередбачувані "негативи" життєвого стану;
- зимостійкість – протистояння деревних рослин і природних умов взимку;

- морозостійкість – показник впливу морозів на деревні рослини.

Цінність декоративності покритонасінних деревних рослин у ландшафтній архітектурі та дизайні, а також у садово-парковому мистецтві проявляється тоді, коли найпривабливіші періоди їх життєвого стану у сфері зеленого будівництва та дизайні використано людиною найбільш повно і завчасно (Melnyk & Melnyk, 2013).

Протягом онтогенезу деревні рослини кількісно й якісно міняють свої морфолого-анатомічні характеристики. Різномпланове використання людиною біологічних можливостей деревних рослин обумовило необхідність поділу їх онтогенезу на вікові етапи (періоди), в межах яких, перш за все, візуально видимі морфологічні ознаки залишаються, ніби-то, незмінними (Kovalenko, 2018). Однак при цьому, цілком зрозуміло, що морфогенез органів навіть теоретично в онтогенезі деревних рослин на будь-якому етапі призупинити неможливо (Kokhanovskiy et al., 2020).

Універсальна на сьогодні 8-ми бальна схема періодизації онтогенезу деревних рослин (Smirnova & Bobrovsky, 2001) логічно і обґрунтовано пропонує наступні вікові етапи (періоди) їх життєздатності: проростки (р), ювенільний (j), імагурний (im), віргінійний (v), молодий генеративний (g1), середньовіковий генеративний (g2), старший генеративний (g3) і сенільний (s).

Роглянемо на основі цієї 8-ми бальної шкали життєвий стан загальновідомої для фахівців повислокронної *Betula pendula* Roth.

Життєвий стан берези повислої на перших трьох етапах (проростки, ювенільний і імагурний) онтогенезу та останньому (сенільний) нас не турбує, оскільки морфологічні ознаки загального вигляду молодих особин видового таксону ще не відповідають необхідним вимогам типовості формування морфологічних ознак як ознак декоративності, а сенільні старі дерева підлягають заміні на нові молоді рослини.

Віргінійні молоді дерева берези повислої хоча і формують майже типову композицію загального вигляду, але вони ще не досягають необхідних нормативів декоративності: структура каркасних гілок і пагонів крони не типово повисла, кора стовбура знаходиться на перидермальній стадії форму-

вання, відсутнє повноцінне цвітіння тощо. При цьому слід звернути увагу на ту обставину, що критерії переходу молодого покоління берези повислої у новий онтогенетичний стан візуально впізнавані. Посадковий матеріал віргінільного віку користується широким попитом при озелененні відкритих територій.

Типовість формування морфологічних ознак як ознак декоративності на рівні необхідних вимог проявляється у *Betula pendula* на молодих, середньовікових і старших генеративних етапах онтогенезу. Для життєвого стану g1, g2 і g3 – етапів онтогенезу берези повислої (рис. 2) характерна спадковість формування типових морфологічних ознак: архітекtonіки стовбура і крони, форми крони, текстури і забарвлення кори, кольоровості листків, процесу цвітіння та плодоношення. Естетичність декоративності берези повислої, як і інших покритонасінних деревних рослин, довгострокова, а тому пропозиція повторно оцінювати ступінь декоративності видових таксонів деревних рослин через 5 років виглядає су-перечливо (Emelyanova, 2016).

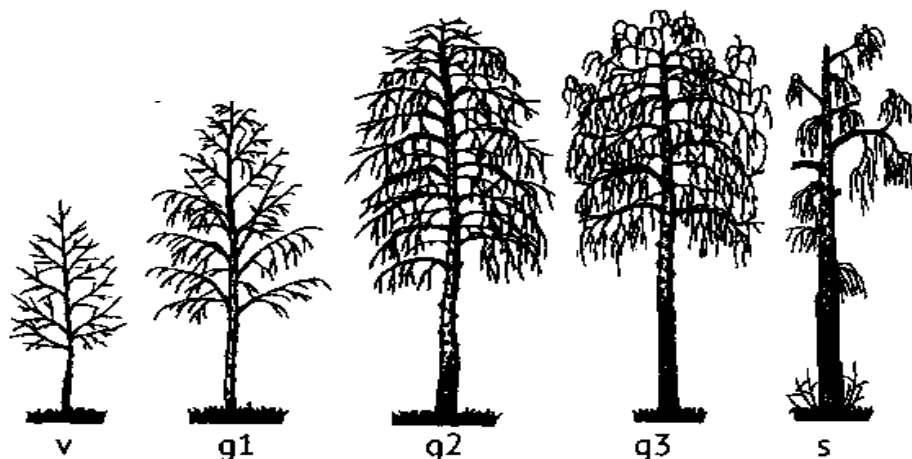


Рис. 2. В центрі "декоративноздатні" етапи онтогенезу *Betula pendula* Roth: v – віргінільний, g1 – молодий генеративний, g2 – середньовіковий генеративний, g3 – старший генеративний, s – сенільний.

Декоративність *Betula pendula* під час глибокого спокою у зимовий період визначають безлиста композиція загального вигляду із приємно звислою кроною з довгими "чоловічими" сережками та білий колір кори осьових органів, а навесні, влітку та восени, тобто у період вегетації – гармонія архітекtonіки стовбура і крони, грація форми крони, привабливість текстури і кольору кори та зеленокольоровість листового вбрання, загальна площа якого в окремих особин досягає майже 80,3 м² (Utkin, 1985). Період цвітіння берези повислої з непоказовими квітками у "жіночих" сережках короткотерміновий, він суттєво не впливає на декоративність.

Таким чином, в онтогенезі покритонасінних деревних рослин, на прикладі повислокронної *Betula pendula* Roth., ландшафтну архітектуру і дизайн, а також садово-паркове мистецтво у повній мірі задовольняє морфологічний стан дендрологічних об'єктів на молодому, середньовіковому та старшому генеративних етапах, що ми спостерігали і у хвойних, на прикладі *Picea abies* (L.) H. Karst. (Kokhanovskyi et al., 2020). В ці періоди онтогенезу життєвий стан окремих особин квіткових деревних рослин своїм зовнішнім виглядом, як правило, естетично позитивно й емоційно піднесено сприймається більшістю перехожих чи спостерігачів.

Кожен день, рік за роком, протягом століть, а то й тисячоліть деревні рослини досить витончено, за допомогою, головним чином, механічних тканин "розбудовують" архітекtonіку стовбура і крони із вічнозеленим чи листовим вбранням, що посезонно оновлюється. Архітекtonіка стовбура і крони деревних рослин спадково запрограмована ще на генетичному рівні, вона знаходиться у надзвичайно досить тонко узгодженій взаємодії з природними чинниками навколишнього середовища, яка змінює свої морфологічні характеристики у просторі та часі,

може бути декоративно привабливою або навпаки на тому чи іншому етапі свого онтогенезу (Anuchin et al., 1985; Anuchin et al., 1986).

Всебічно охарактеризувавши життєву біоморфу в рослинному світі під назвою "дерево" (Utkin, 1985), А. Уткін наводить у своїй статті кольорово ілюстрований ряд "форм дерев" (рис. 3). В ряду 17 типово узагальнених і добротньо опрацьованих "форм", які за замислом автора досить повно представляють композиційне різноманіття у природі такого феномена як "дерево". Зазначимо, що ряд не враховує такі життєві біоморфи як "кущ" і "виткі ліани".

Розглянувши ілюстрований ряд "форм дерев" А. Уткіна (1985) з позицій декоративної дендрології, нам вбачається, що такий ряд "форм дерев" майже достатньо і головне наглядно розкриває сутність поняття "архітекtonіка стовбура і крони", підтверджує кореляційно необхідне співвідношення між собою форми, розмірів і об'єму основних структурних складових деревних рослин.

Уважний аналіз ілюстрованого ряду "форм дерев" А. Уткіна (1985) показує, що в ньому: *по-перше*, порядок розміщення "форм" підпорядкований наступній закономірності: від простих і найменш естетично привабливих особин дерев до складних та найбільш композиційно красивих і, навіть, унікальних "форм";

по-друге, в ряду присутня майже повна невизначеність у назвах "форм", окрім "прапороподібної форми" за № 15, але й вона без типового таксономічного підтвердження;

по-третє, в ряду наводяться майже за всіма "формами" підтверджуючі приклади типових видових таксонів, але вони у більшості з утилітарними назвами.

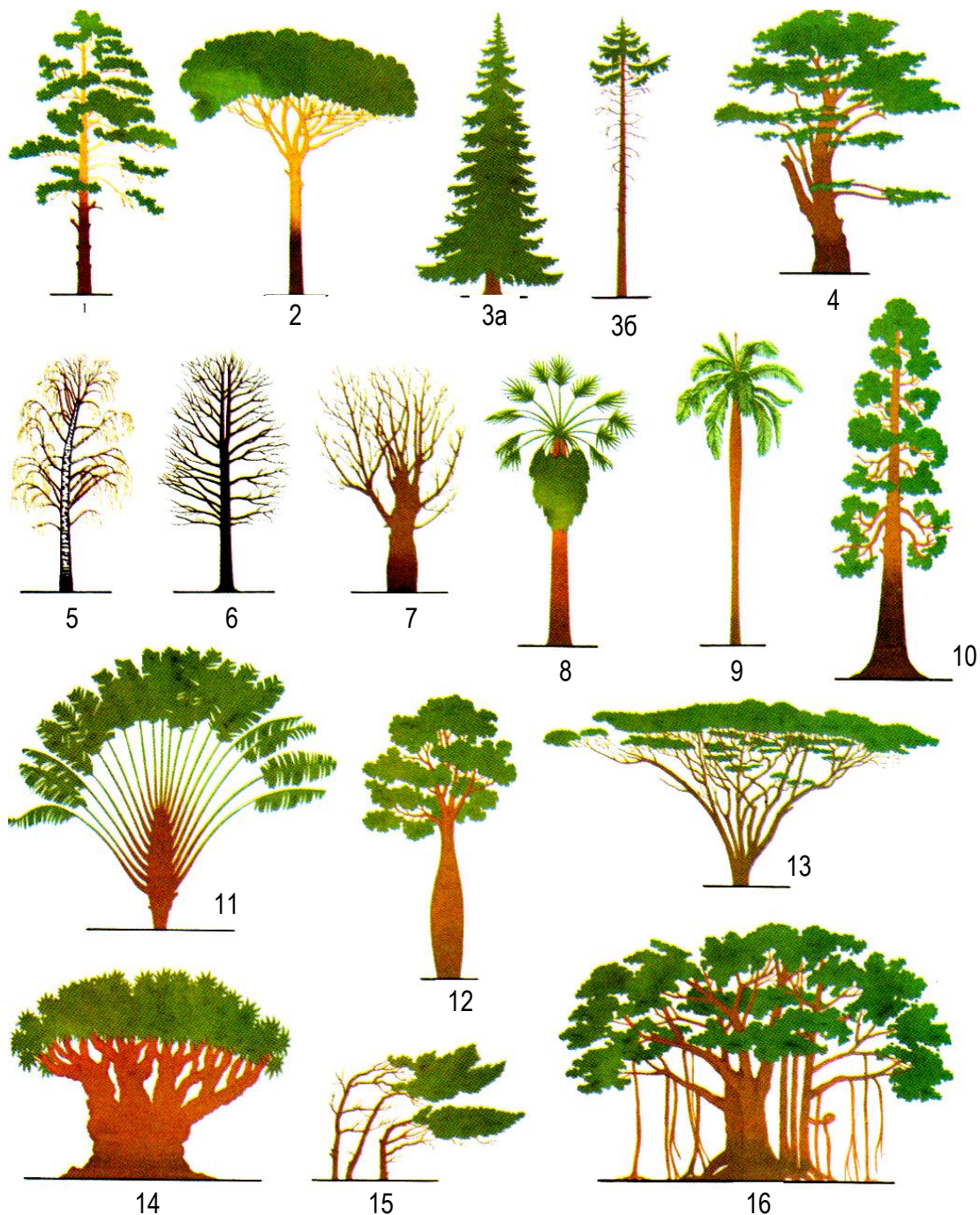


Рис. 3. Різні "форми дерев" за А.Уткіним (1985):

1 – *Pinus sylvestris* L., 2 – *Pinus pinea* L., 3 а, б – *Picea abies* H. Karst., 4 – *Cedrus libani* A.Rich., 5 – *Betula pendula* Ruth., 6 – *Alnus glutinosa* P.Gaertn., 7 – *Salix alba* L., 8 – *Washingtonia lillifera* H. Wendl., 9 – *Roystonea regia* O.F.Cook, 10 – *Sequoiadendron giganteum* Lindl., 11 – *Ravenala madagascariensis* Gmel., 12 – *Brachychiton rupestris* Schumann, 13 – *Acacia tortilis* Hayne, 14 – *Dracaena draco* L., 15 – "Хвойні" мису Слоуп – Пойнт, 16 – *Ficus benghalensis* L. наприклад: *Picea abies*, що росте на відкритому просторі (3 а), *Sequoiadendron giganteum* (10) та *Alnus glutinosa* (6).

В зв'язку з цим, коректно змінивши утилітарні назви видових таксонів, розділимо ілюстрований ряд "форм дерев" А. Уткіна (1985) на групи естетичного сприйняття людиною, а потім у межах цих груп розглянемо їх декоративну спроможність в середньовіковому життєвому стані (рис. 3).

Група 1. Композиція загального вигляду дерев під

впливом чинників навколишнього середовища значно деформованою крона. Вона естетично сприймається навіть фаховими оцінювачами декоративності як некрасива, наприклад: *Picea abies*, яка росте у лісі (3 б), чи "хвойні" із мису Слоуп – Пойнт, що на крайньому півдні Нової Зеландії (15).

Група 2. Композиція загального вигляду деревних ро-

слин витончено асиметричнокронна. Естетично вона сприймається у середньовіковому стані навіть байдужими перехожими як досить приваблива, наприклад: *Pinus sylvestris* (1), *Cedrus libani* (4) та *Salix alba* (7).

Група 3. Композиція загального вигляду дерев бездоганно симетрично-кронна. Естетично вона майже всіма і беззаперечно сприймається як красива,

Група 4. Композиція загального вигляду дерев захоплююче верхівковокронна або "пучко"носна. Естетично вона завжди сприймається як чудова, наприклад: *Washingtonia lillifera* (8), *Roystonea regia* (9) та *Brachychiton rupestris* (12).

Група 5. Композиція зовнішнього вигляду дерев досконало парасолькокронна, чи повислокронна. Естетично вони обидві унікальні, наприклад: *Pinus pinea* (2), *Acacia tortilis* (13), *Dracaena draco* (14), *Betula pendula* (5), *Ravenala madagascariensis* (11) та *Ficus benghalensis* (16).

Цілком очевидно і зрозуміло, що морфологічна ознака "архітектоніка стовбура і крони" найбільш вагома і впливова характеристика декоративності покритонасінних деревних рослин. Тоді виникає запитання: чи можливо встановити цю вагомість і впливовість візуальним оглядом окремих модельних особин або невеликої біогрупи того чи іншого видового таксону? Мабуть так, якщо використати загальновідому для фахівців бальну систему оцінки, але при цьому кінцевий результат все-таки залежатиме від теоретичної підготовки щодо проблеми, яка розглядається, та професіоналізму навичок оцінювача декоративності квіткових деревних рослин.

Для прикладу пропонуємо оцінити декоративність модельної групи покритонасінних деревних рослин (табл. 1) за морфологічною ознакою "архітектоніка стовбура і крони" в дендрарії імені В. М. Кохановського Сумського НАУ із використанням запропонованої нами 5-ти бальної шкали.

• **архітектоніка стовбура і крони** (рис. 3):

Бал 1 – а) композиція загального вигляду біоморф "кущ" і "витка ліана",

б) архітектоніка стовбура і крони "дерев" деформовано-кронна некрасива. Вона по формі та структурно виглядає як *Picea abies*, що росте у лісі (3 б), або ж "хвойні" із мису Слоуп-Пойнт крайнього півдня Нової Зеландії (15);

Бал 2 – архітектоніка стовбура і крони "дерев" асиметричнокронна приваблива. Вона по формі і структурно виглядає як кращі особини *Pinus sylvestris* (1), *Cedrus libani* (4) та *Salix alba* (7);

Бал 3 – архітектоніка стовбура і крони "дерев" симетричнокронна красива. Вона по формі і структурно виглядає як *Picea abies*, що росте на відкритому просторі (3 а), та зразкового вигляду *Sequoiadendron giganteum* (10) і *Alnus glutinosa* (6);

Бал 4 – архітектоніка стовбура і крони "дерев" верхівковокронна чудова. Вона по формі і структурно виглядає як "пучко"носні види: *Washingtonia lillifera* (віялоподібна пальма, 8), *Roystonea regia* (королівська пальма, 9) та *Brachychiton rupestris* (пляшкове дерево, 12);

Бал 5 – а) архітектоніка стовбура і крони "дерев" парасолькокронна. Вона по формі і структурно виглядає як середземноморська *Pinus pinea* (2), чи представники африканської дендрофлори: *Acacia tortilis* (13) і *Dracaena draco* (14),

б) архітектоніка стовбура і крони "дерев" унікальнокронна. Вона по формі і структурно виглядає як "плакуча" *Betula pendula* (5), "дерево криниця" *Ravenala madagascariensis* (11) чи

"дерево гай" *Ficus benghalensis* (16).

Форма крони у ландшафтному дизайні та садово-парковому мистецтві знаходиться серед найважливіших декоративних ознак дерев, кущів і багаторічних ліан (Kokhno et al., 2002; Kokhno et al., 2005). При цьому вирішальне значення для декоративності крони набувають система галуження її гілок і пагонів та способи розміщення на них бруньок і листків. Квітки і суцвіття та плоди і суцвіття покритонасінних чи мегастробілі голонасінних рослин, у принципі, не змінюють загальної форми крони, але вони вносять короткотермінові сезонні зміни у декоративний характер її поверхні, як правило, покращуючи нарядність зовнішнього вигляду деревних рослин.

У переважній більшості листопадних деревних рослин крона зберігає спадково характерну для неї форму протягом вегетаційного періоду, а взимку в безлистому стані вона сприймається візуально як система галуження гілок і пагонів. У вічнозелених квіткових деревних рослин і хвойних зовнішній вигляд крони залишається більш-менш стабільним протягом року.

Формування крони деревних рослин з чітко вираженим багаторічним стовбуром відбувається зазвичай у вертикальному та горизонтальному напрямках. Співвідношення інтенсивності об'ємного нарощування гілок і пагонів у цих напрямках і обумовлює геометричну форму крони. Нарощування гілок особливо першого порядку у вертикальному напрямку під більш-менш гострим кутом до головної осі крони супроводжується утворенням просторово конусоподібних форм або їх різновидів (пірамідальні конусовидні, веретеноподібні, колоновидні).

Якщо ж сукупне нарощування гілок і пагонів відбувається майже горизонтально, чи коли вони дещо дугоподібно опущені додолу – формуванням "плакучих" форм. У цих випадках важливими для декоративного ефекту крони стають як довжина гілок і пагонів, так і кут їх відхилення від основного стовбура. Формування крони у горизонтальному напрямі відбувається різними темпами у нижній, середній та верхній частинах (зонах) крони. Відповідно режиму ростових процесів в цих зонах з'являються еліптичного характеру форми крон (овальні, яйцевидні, оберненояйцевидні).

Узгоджена рівномірність ростових процесів в вертикальному та горизонтальному напрямках забезпечує формування шаровидних форм, а значно інтенсивніше нарощування елементів крони у горизонтальному напрямі формує зонтичну крону. Деревні рослини з добре вираженим, але невисоким багаторічним стовбуром за рахунок симподіальної системи галуження гілок і пагонів частіше формують форми крон розлогого характеру, або ж схожі на них зовнішнім виглядом різновиди.

Незважаючи на значну кількісну і якісну різноманітність "форм крон" деревних рослин у рослинному світі (Kokhno et al., 2002; Kokhno et al., 2005) і складність комплексу природних чинників навколишнього середовища, що впливають на них, О. Колесников (1960) розробив (Kolesnikov, 2018) і запропонував для використання, як нам здається, повноцінну у термінологічному та схематичному відношеннях класифікацію "форм крон" деревних рослин.

Кожна життєва біоморфа ("дерево", "кущ", "витка ліана") деревних рослин, як і має бути, знайшла своє місце у схематично ілюстрованій класифікаційній системі "форми крон" О. Колесникова (1960).

Оцінка декоративності деревних рослин відділу *Magnoliophyta*

№ з/п	Видові таксони і декоративні форми	Архітектоніка стовбура і крони	Форма крони	Забарвлення кори	Розмір листків	Колір листків	Життєздатність листків	Розмір квіток і суцвіть	Колір квіток і суцвіть	Тривалість цвітіння	Привабливість плодів і сулпідь	Збереження плодів і сулпідь	Аромат заплахів	Пошкодженість деревних рослин	Зимостійкість деревних рослин	Морозостійкість деревних рослин	Сума балів	Ступінь декоративності
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	<i>Acer negundo</i> L. 'Variegatum'	2	3	2	3	5	4	3	1	3	5	5	2	5	5	4	52	ВД
2	<i>Acer platanoides</i> L.	2	3	3	2	2	4	3	1	3	4	3	2	5	5	4	47	сД
3	<i>Acer platanoides</i> L. 'Globosum'	3	4	3	3	2	4	3	1	3	4	3	2	5	5	4	49	сД
4	<i>Aesculus camea</i> Hayna 'Briottii'	2	3	2	3	2	4	4	3	2	3	2	2	5	5	4	46	сД
5	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	2	3	3	3	2	4	4	5	2	4	2	2	5	5	4	50	сД
6	<i>Betula pendula</i> Roth.	5	5	5	3	2	4	3	2	5	4	2	2	5	5	4	56	ВД
7	<i>Castanea savita</i> Mill.	3	3	2	3	2	4	4	4	3	4	2	2	5	5	4	50	сД
8	<i>Catalpa spesiosa</i> Ward.	2	3	4	4	5	4	3	4	3	4	5	2	5	5	4	57	ВД
9	<i>Cercis canadensis</i> L.	3	3	2	3	4	4	3	3	3	4	4	2	5	5	4	52	ВД
10	<i>Corylus colurna</i> L.	3	4	3	3	2	4	3	2	5	4	2	2	5	5	4	51	ВД
11	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	3	3	3	3	2	3	3	1	2	4	3	2	5	5	4	46	сД
12	<i>Fraxinus excelsior</i> L. 'Pendula'	5	5	3	3	2	3	3	1	2	4	3	2	5	5	4	50	сД
13	<i>Magnolia kobus</i> L.	2	3	3	3	2	3	5	5	2	3	2	3	5	5	4	50	сД
14	<i>Malus niedzwetzkyana</i> Dick.	2	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	2	5	5	4	46	сД
15	<i>Platanus occidentalis</i> L.	3	4	5	3	2	4	3	1	2	4	3	2	5	4	4	49	сД
16	<i>Prunus serrulata</i> Lindl. 'Kansan'	3	3	2	2	2	4	4	2	2	-	-	2	5	5	4	40	сД
17	<i>Quercus robur</i> L.	3	3	2	3	2	4	3	1	3	3	2	2	5	5	4	45	сД
18	<i>Quercus robur</i> L. 'Fastigiata'	3	4	2	3	2	4	3	1	3	4	2	2	5	5	4	47	сД
19	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Grantz.	3	3	3	3	5	4	1	5	3	3	2	2	5	5	4	51	ВД
20	<i>Viburnum opulus</i> L.	2	3	2	3	2	4	4	5	3	5	5	2	5	5	4	54	ВД

Розкидиста, пірамідальна конусовидна, пірамідальна веретеноподібна, пірамідальна колоновидна, овальна, яйцевидна, оберненояйцевидна, зонтична та плакуча "форми крон" О. Колесникова (1960) узагальнено об'єднали в собі досить багате природне різноманіття крон життєвої форми "дерево". Шаровидна штамбова та шаровидна куцзова "форми крон" представляють у класифікаційній схемі значно менше різноманіття життєвої форми "кущ". В той же час витка форма крони, що властива життєвому стану "витка ліана", а сланка та подушкова "форми крон" відображають життєвий стан карликових (низькорослих) дерев і кущів, що стеляться своїми гілками й пагонами по поверхні землі або дещо припідняті над нею.

Критично розглянувши класифікаційну систему "форми крон" деревних рослин О. Колесникова (1960), пропонуємо 5-ти бальну шкалу оцінювання декоративності видових таксонів за цією морфологічною ознакою. В основі "розбудови" 5-ти бальної шкали лежить, перш за все, просторова об'ємність форм крони. При цьому звичайно розуміється, що цінність декоративного ефекту видових таксонів збільшується з естетично та об'ємно вагомішими показниками.

Повноцінно закінчений характер нижче наведеної 5-ти бальної шкали підтверджують типово показові видові таксони квіткових деревних рослин.

- **форма крони** (рис. 4):

Бал 1 – спадково типова форма крони куцуподібних деревних рослин сланка (*Cotoneaster horizontalis* Decaisne, 10) чи подушкова (*Kerria japonica* (L.) DC., 11), а

у "витких ліан" вона витка (*Wisteria sinensis* Sweet., 9);

Бал 2 – спадково типова форма крони у "кущів" наближається до шаровидної зі штамбом (*Cotinus coggygria* Scop., 7a) чи без нього та як куцзова (*Spiraea media* Schmidt., 7b);

Бал 3 – спадково типова форма крони "дерева" розлога (*Quercus robur* L., 1) з адаптаційними варіантами, овальна (*Aesculus hippocastanum* L., 3), яйцевидна (*Platanus occidentalis* L., 4), оберненояйцевидна (*Quercus petraea* Liebl., 5);

Бал 4 – спадково типова форма крони "дерева" пірамідальна: конусовидна (*Corylus colurna* L., *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Gheng, 2a), веретеноподібна (*Sequoiadendron giganteum* Lindl., 2b), колоновидна (*Populus pyramidalis* Rosier., *Cupressus pyramidalis* Mill., 2b);

Бал 5 – спадково типова форма крони середньовікового дерева зонтична (*Albizia julibrissin* Durrantz., 6), а також плакуча (*Salix babylonica* Pall., 8).

Забарвлення кори деревних рослин є не простим явищем (Anuchin et al., 1985). Справа у тому, що текстура і колір кори у просторі і часі мінливі; спадково незмінним, ймовірно, залишається лише колір кори цюгорічних наймолодших пагонів. Різняться між собою кольорами не тільки однорічні пагони та старші за віком гілки крони, але й верхня та нижня половини стовбура. Нижня частина стовбура зазвичай вкрита корою з багатокольоровим темнофоновим забарвленням і "грубою" фактурою, верхня – частіше однокольорова зі світлішими відтінками та значно приємнішим рисунком поверхні (Kokhno et al., 2002; Kokhno et al., 2005).

Слід не забувати також про те, що верхня частина

стовбура, особливо у період вегетації, майже "захована" у кроні деревних рослин і у деякій мірі не піддається з розумно ефективною відстані візуальному огляду. Залишається "захованим" в такій же мірі й колір кори гілок і пагонів під листовим

покривом. Ситуація змінюється на протилежну в кінці вегетаційного періоду після листопаду квіткових деревних рослин, якщо вони не вічнозелені.

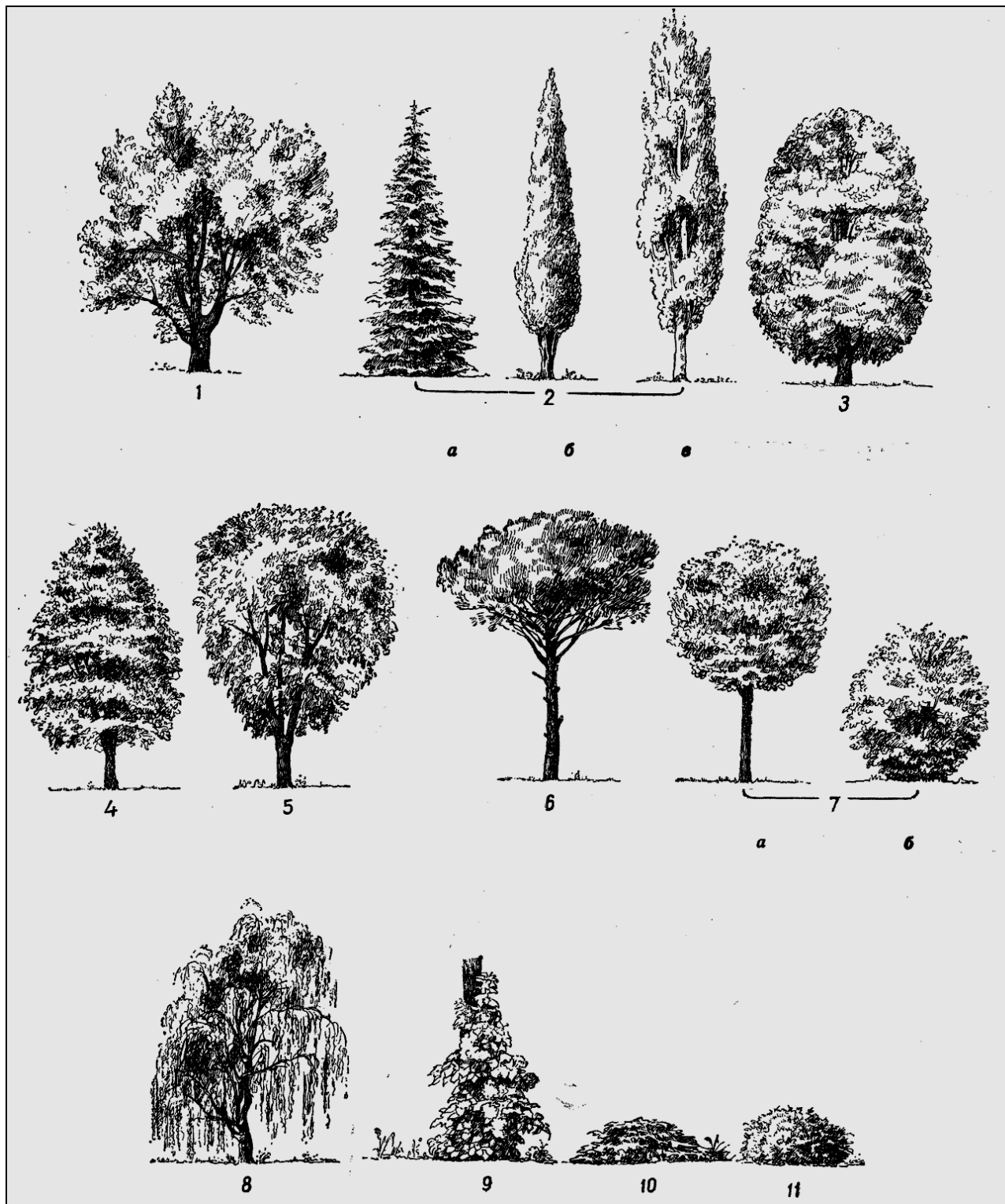


Рис. 4. "Форми крон" деревних порід за О. Колесниковим (1960):

- 1 – розкидиста; 2 – пірамідальна: а – конусовидна, б – веретеноподібна, в – колоновидна; 3 – овальна;
4 – яйцевидна; 5 – оберненояйцевидна; 6 – зонтична; 7 – шаровидна: а – штамбова, б – куцзова; 8 – плакуча;
9 – витка; 10 – сланка; 11 – подушкова.

Основні декоративні властивості кори деревних рослин наступні:

– фактура і рисунок кори осьових органів (стовбура, гілок і пагонів),

– колір (забарвлення) кори стовбура, кори гілок і пагонів,

– колючки та шипи на поверхні осьових органів.

• **забарвлення кори:**

Бал 1 – необхідність розпізнати забарвлення кори осьових органів деревних рослин проблематична, фоновий колір кори "не визначено";

Бал 2 – дерева, кущі та ліани із емоційно спокійними для людини бурим, коричневим і чорним з багатокольоровими відтінками забарвленням кори;

Бал 3 – покритонасінні деревні рослини із нейтральним повсякденно звичним для людини світло-сірим, сірим і темно-сірим забарвленням кори;

Бал 4 – дерева, кущі і ліани із емоційно впливовим на людину жовтим, помаранчевим і червоним з багатокольоровими відтінками забарвленням кори;

Бал 5 – покритонасінні деревні рослини із білим і зеленим та "оригінально" кольоровим з відтінками забарвленням кори, що рідко зустрічається.

Декоративна цінність **листяного покриву** деревних рослин, мабуть, чи не найбільш унікальна у рослинному світі. Він створює декоративне листкове вбрання деревних рослин (Anuchin et al., 1985; Anuchin et al., 1986), яке першочергово сприймається при візуальному огляді пейзажів довкілля, або окремих його елементів. Листковий покрив "по своєму" об'єднує в єдине ціле складові навколишнього середовища.

Декоративні властивості листків квіткових деревних рослин наступні:

– форма листкової пластинки (округла, овальна, яйцевидна, оберненояйцевидна, ланцетна, лопатева, розсічена, периста, широколиста, вузьколиста тощо),

– розміри простих чи складних листків з черешком чи рахісом, або без них (дуже малі, малі, середні, великі та дуже великі),

– фактура листків (глянцева, матова, опушена, горбиста від жилкування),

– колір листків (фоновий літній колір, осіння різнобарвність, колористика),

– життєздатність листків вічнозелених і листопадних деревних рослин.

• **розмір листків (хвої):**

Бал 1 – листки деревних рослин дуже малі: хвоя (0,1–1,0 см), прості листки (1–5 см), листки складні (1–5 см);

Бал 2 – листки деревних рослин малі: хвоя (1–5 см), прості листки (5–10 см), листки складні (5–10 см);

Бал 3 – листки деревних рослин середніх розмірів: хвоя (5–10 см), прості листки (10–20 см), листки складні (10–20 см);

Бал 4 – листки деревних рослин великі: хвоя (10–15 см), прості листки (20–40 см), листки складні (20–40 см);

Бал 5 – листки деревних рослин дуже великі: хвоя (понад 15 см), прості листки (понад 40 см), листки складні (понад 40 см).

• **колір листків:**

Бал 1 – фоновий колір листків деревних рослин "не визначено";

Бал 2 – переважає всеосяжна у рослинному світі зеленофоновість листків: світло-зеленого, зеленого чи темно-зеленого кольору;

Бал 3 – колір серединних листків досить привабливий:

сріблясто-білий, сіро-зелений, сизо-зелений і блакитнувато-зелений;

Бал 4 – осіння різнобарвність листків: жовтого, бронзового, коричневого і червоного, а також кармінового, фіолетового, помаранчевого та темно-бурого кольорів з відтінками;

Бал 5 – переважає приємна для людини колористика типових листків:

– кольоровий фон листкової пластинки однотонний (жовтий, білий, червоний, пурпурний, блакитний, фіолетовий) з різнокольоровими відтінками;

– листок двоколірний (має жовті і білі плями) та триколірний (має жовті, білі і рожеві плями);

– листок зверху зелений, а знизу – білий, сріблястий чи пурпурний;

– зелений листок по краю з білою чи жовтуватою "облямівкою";

– листкова пластинка зеленого листка з крапками, стрічками чи плямами жовтого, білого, сріблястого, мармурового, рожево-порошистого кольору;

– зелений листок з великою у центрі жовтою плямою.

• **життєздатність листків:**

Бал 1 – деревна рослина схильна зі зміною екологічних умов місцезростань, як правило, до невчасного літнього хвое- чи листопаду;

Бал 2 – деревна рослина з короткотерміновим періодом життєздатності листків (хвої), вони пізно розпускаються та також пізно опадають;

Бал 3 – деревна рослина з середньотерміновим періодом життєздатності листків (хвої), вони рано розпускаються та рано опадають чи пізно розпускаються та порівняно пізно опадають;

Бал 4 – деревна рослина з довготерміновим періодом життєздатності листків (хвої), вони рано розпускаються та порівняно пізно опадають;

Бал 5 – голонасінна (хвойна) чи покритонасінна (квітова) деревна рослина, але вона вічнозелена, довготерміновість життєвості листків беззаперечна.

Морфологічні характеристики **квіток і суцвіть** покритонасінних деревних рослин вважаються короткотерміновими ознаками декоративності (Zaiachuk, 2014). Вони створюють ефектно привабливі декоративні деталі, які позитивно впливають на пейзажну роль ландшафту довкілля.

До декоративних властивостей квіток і суцвіть зазвичай відносять:

– розміри квіток і суцвіть (квітки і суцвіття дрібні, малі, невеликі, великі та дуже великі),

– колір квіток і суцвіть (різноманіття кольорів, яскравість і періоди цвітіння),

– сезонність цвітіння квіток і суцвіть (весняний, літній, осінній і зимовий),

– тривалість цвітіння квіток і суцвіть (нетривалокувітучі, середньотривалокувітучі, тривалокувітучі),

– аромат запахів квіток і суцвіть (духмяність запахів цвітіння).

• **розмір квіток і суцвіть:**

Бал 1 – квітки дрібні (до 1 см) чи дрібні суцвіття (до 2 см);

Бал 2 – квітки малі (1–2 см) чи малі суцвіття (2–5 см);

Бал 3 – квітки невеликі (2–5 см) чи невеликі суцвіття (5–10 см);

Бал 4 — квітки великі (5–10 см) чи великі суцвіття (10–20 см);

Бал 5 — квітки дуже великі (10 см і більше), а також дуже великі суцвіття (20–30 см і більше).

- **колір квіток і суцвіть:**

Бал 1 — квітки чи суцвіття незвичного для людини зеленого кольору, частіше зі світлим, світло-жовтим і жовтим відтінками;

Бал 2 — квітки чи суцвіття блакитного, лілового і фіолетового кольору, частіше зі світлим, розовим, пурпурним, коричневим та червоним відтінками;

Бал 3 — квітки чи суцвіття червоного, рожевого та пурпурного кольору з білим, темним, жовтим, бузковим, карміновим, малиновим і фіолетовим тоном;

Бал 4 — квітки чи суцвіття жовтого та помаранчевого кольору з світлим, золотистим, кремовим, коричневим, червоним та фіолетовим відтінками;

Бал 5 — квітки чи суцвіття чисто білого чи білого кольору, частіше з жовтим, коричневим, червоним, рожевим і кремовим відтінками.

- **тривалість цвітіння:**

Бал 1 — швидкотерміновий декоративний ефект квітки чи суцвіття створюють під час цвітіння протягом 1–2 тижнів;

Бал 2 — короткотерміновий декоративний ефект квітки чи суцвіття створюють під час цвітіння протягом 3–4 тижнів;

Бал 3 — середньотерміновий декоративний ефект квітки чи суцвіття створюють під час цвітіння протягом 1–2 місяців;

Бал 4 — довготерміновий декоративний ефект квітки чи суцвіття створюють під час цвітіння протягом 3–4 місяців;

Бал 5 — досить довготерміновий декоративний ефект квітки чи суцвіття створюють під час цвітіння протягом 5 місяців і довше.

Плоди і супліддя покритонасінних деревних рослин нерідко своїм зовнішнім виглядом і яскравим забарвленням можуть створювати досить ефектну локальну окрасу декоративності у кронах дерев, кущів і багаторічних ліан. Такий тимчасовий декоративний ефект однаково емоційно "спрацьовує" як у літню пору року під час повної вегетації, так і взимку, коли плоди чи супліддя ще не опали і виділяються на фоні безлистої системи галузження крони (Kolesnikov, 2018; Kononchuk, 2018).

Мабуть найбільшого декоративного ефекту досягає морфологічна оригінальність зовнішньої форми та забарвлення плодів і суплідь у пізню осінню пору та на початку зими, коли особливо яскраво кольорові плоди і супліддя значно довше зберігаються на безлистих гілках крони деревних рослин.

До декоративних властивостей плодів і суплідь зазвичай відносять наступні:

- оригінальність загальної форми і розмірів плодів та суплідь,

- кольорова гама плодів і суплідь, особливо в період їх повного дозрівання,

- "рясність" плодування та термін зберігання плодів і суплідь.

- **привабливість плодів і суплідь:**

Бал 1 — плодів чи суплідь у кронах деревних рослин зовсім мало, вони досить дрібні, у більшості асиметричні, "не-

помітно байдужого" кольору, достатньо шорсткі чи з виростами, значно пошкоджені хворобами і шкідниками;

Бал 2 — плодів чи суплідь у кронах деревних рослин мало, вони нерівномірно покривають крону, порівняно дрібні, непоказово кольорові, можуть у деякій мірі "шкодити" довілкло, частково уражені хворобами і шкідниками;

Бал 3 — плодів чи суплідь у кронах деревних рослин середньо достатня кількість, вони нерівномірно вкривають крону середніх розмірів, у більшості симетричні, досить приємного кольору, поверхня шорсткувата, має місце пошкодження хворобами і шкідниками;

Бал 4 — плодів чи суплідь у кронах деревних рослин достатня кількість, вони майже рівномірно вкривають крону, порівняно великі чи, навпаки, у більшості симетричні, яскравого кольору, без видимих пошкоджень хворобами і шкідниками;

Бал 5 — плодування максимальне, плоди чи супліддя "рясно" і рівномірно вкривають крону, вони великі чи, навпаки, яскраво кольорові, досить красиві, симетричні, на поверхні відсутні ознаки пошкоджень хворобами і шкідниками.

- **збереження плодів і суплідь:**

Бал 1 — швидкотерміновий декоративний ефект створюють плоди чи супліддя у кроні деревних рослин, якщо не опадають протягом 1 місяця;

Бал 2 — короткотерміновий декоративний ефект створюють плоди чи супліддя у кроні деревних рослин, якщо не опадають протягом 2 місяців;

Бал 3 — середньотерміновий декоративний ефект створюють плоди чи супліддя у кроні деревних рослин, якщо не опадають протягом 3 місяців;

Бал 4 — довготерміновий декоративний ефект створюють плоди чи супліддя у кроні деревних рослин, якщо не опадають протягом 4 місяців;

Бал 5 — досить довготерміновий декоративний ефект створюють плоди у кроні деревних рослин, якщо не опадають протягом 5 місяців і довше.

Аромат — це тільки приємні запахи (сумарно надземна фітомаса) навколо покритонасінних деревних рослин. Запахи за визначеннями енциклопедистів — це приємні і неприємні відчуття, які виникають під впливом запахних подразників на рецептори слизової оболонки носа людини.

- **аромат запахів:**

Бал 1 — навкруги деревної рослини "з'явився" неприємний запах;

Бал 2 — слабо духмяні запахи відчутні лише біля деревної рослини;

Бал 3 — духмяні запахи чути на "емоційно ефективній" відстані;

Бал 4 — духмяні запахи чути на значній відстані від деревної рослини;

Бал 5 — аромат оригінальний, "емоційно збуджуючого" характеру.

Фахівцям звичайно зрозуміло, що умовно названі непередбачуваними "негативи" життєвого стану (невчасний листопад видових таксонів; вже сухі чи всихаючі верхівки дерев і кущів; великі чи маленькі, але старі сучки; сухі чи викривлені гілки і пагони крони; відшарування смужок і пасм кори; дупла і грибоїла; "відьмині мітли" і омела біла; капові вирости і чага; блискавка- чи морозобійні тріщини на стовбурі; вітро- чи

сніголоми; колючки і шипи; смоляний рак; шкідники і хвороби та звичайні механічні пошкодження тощо) поодинокі чи сукупно, але майже завжди, як нам здається, негативно впливають навіть на бездоганно сформовані у процесі органогенезу органи деревних рослин.

• **пошкодженість деревних рослин:**

1 бал – сухостій стовбура та крони деревних рослин поточного року;

2 бали – деревна рослина засихає, що підтверджують морфологічні ознаки;

3 бали – деревна рослина дуже ослаблена, немає сумнівів стосовно її стану;

4 бали – деревна рослина дещо ослаблена, потребує ретельного огляду;

5 балів – деревна рослина здорова, її стан не викликає занепокоєння.

Зимостійкість (слов. zima – зима, холодний неприємний період) деревних рослин – це комплексний показник їх стійкості до повного набору несприятливих природних умов навколишнього середовища. Серед факторів, що визначають несприятливість природних умов, основним є вплив низьких температур, морози (рос. – стужа, мраз, холод). Морозостійкість деревних рослин розглядається фахівцями як ведуча складова зимостійкості. Морозостійкі деревні рослини переносять мінімальні температури без ушкоджень. Здатність деревних рослин протистояти негативному впливу низьких температур залежить від їх біологічних і морфолого-анатомічних особливостей, етапу онтогенезу та природних умов місцезростання.

Негативний вплив мінімальних температур нерідко проявляється відомими, але також непередбачуваними явищами у практиці лісовідновлення. Наприклад, при вирощуванні посадкового матеріалу, особливо на стадії маленьких і молоденьких сіянців і саджанців, можуть мати місце:

– ушкодження ранніми осінніми чи пізніми весняними заморозками;

– випинання 1-2 річних сіянців чи саджанців із ґрунту в зимовий період;

– висихання молоденьких деревних рослин при малосніжних зимах;

– випрівання 1-2-річних сіянців чи саджанців під снігом зимою;

– вимерзання молоденьких деревних рослин у зимовий період від холоду.

• **зимостійкість деревних рослин:**

1 бал – обмерзає над кореневою шийкою вся надземна фітомаса;

2 бали – крона обмерзає зазвичай до рівня снігового покриву;

3 бали – обмерзають одно- та дворічні і навіть старші частини;

4 бали – однорічні пагони обмерзають на половину своєї довжини;

5 балів – візуально видимих пошкоджень немає, вона не обмерзає.

• **морозостійкість деревних рослин:**

1 бал – теплолюбні рослини (шкодять навіть короткотермінові морози);

2 бали – не морозостійкі рослини (витримують нетривалі морози до 10 °C);

3 бали – відносно морозостійкі рослини (витримують

морози 10–25 °C);

4 бали – морозостійкі рослини (витримують морози 25–45 °C);

5 балів – дуже морозостійкі рослини (витримують морози 45–50 °C).

Архітектоніка стовбура і крони, форма крони, забарвлення кори осьових органів, листовий покрив, квітки і суцвіття, плоди і супліддя та аромат їх запахів поодинокі, чи сукупно створюють декоративний "імідж" видовим таксонам покритонасінних деревних рослин не тільки у рослинному світі, але й у ландшафтній архітектурі і дизайні та садово-парковому мистецтві (Barna & Barna, 2017; Zadvornyi & Barna, 2019). Морфологічні ознаки деревних рослин як ознаки декоративності протягом їх онтогенезу закономірно мінливі: одні з них довготерміново чи майже щорічно, інші посезонно але оновлюються, змінюючи тим самим ступінь декоративності деревних рослин, як нам уявляється, частіше якісно на кращу (Kokhanovskiy, 2001; Kerkush & Barna, 2019).

Розглянемо у найбільш загальному вигляді панораму формування декоративності деревних рослин і її впливу на довкілля та людину на прикладі 20-ти видових таксонів і декоративних форм у дендрарії СумНАУ (табл.1). В результаті багаторічних спостережень за дендрофлорою міста Суми (Melnyk, 2015) та на основі літературних даних в нашому випадку з'ясувалось:

а) модельний ряд видових таксонів і декоративних форм об'єднав для спостереження по принципу випадковості 10 автохтонних (*Acer platanoides*, *Acer platanoides* 'Globosum', *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus excelsior* 'Pendula', *Malus niedzwetzkyana*, *Quercus robur*, *Quercus robur* 'Fastigiata', *Sorbus torminalis*, *Viburnum opulus*) і стільки ж інтродукованих різними шляхами (*Acer negundo* 'Variegatum', *Aesculus carnea* 'Briottii', *Aesculus hippocastanum*, *Castanea sativa*, *Catalpa speciosa*, *Cercis canadensis*, *Corylus colurna*, *Magnolia kobus*, *Platanus occidentalis*, *Prunus serrulata* 'Kansan') в Україні видів дендрофлори;

б) за життєвим станом майже всі видові таксони та декоративні форми модельного ряду "переживають" декоративноздатний середньовіковий генеративний період свого онтогенезу;

в) автохтонні таксони модельного ряду сформували, не без допомоги людини, наступні композиції загального вигляду: асиметричнокронну привабливу (*Acer platanoides*, *Malus niedzwetzkyana*), симетричнокронну красиву (*Acer platanoides* 'Globosum', *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Quercus robur* 'Fastigiata', *Sorbus torminalis*), унікальну (*Betula pendula*, *Fraxinus excelsior* 'Pendula') і кущ (*Viburnum opulus*);

г) інтродуценти модельного ряду сформували двоякого типу композиції: асиметричнокронну привабливу (*Acer negundo* 'Variegatum', *Aesculus carnea* 'Briottii', *Aesculus hippocastanum*, *Catalpa speciosa*, *Magnolia kobus*) і симетричнокронну красиву (*Castanea sativa*, *Cercis canadensis*, *Corylus colurna*, *Platanus occidentalis*, *Prunus serrulata* 'Kansan');

д) протягом вегетаційного періоду не залишають байдужим будь-кого розмір листків і фонове забарвлення листового покриву (*Castanea sativa*, *Malus niedzwetzkyana*, *Platanus occidentalis*, *Sorbus torminalis*);

е) емоційно вражає краса кольорів квіток і суцвіть та яскравість цвітіння (*Aesculus carnea* 'Briottii', *Aesculus hippocastanum*, *Catalpa speciosa*, *Cercis canadensis*, *Magnolia kobus*, *Prunus serrulata* 'Kansan');

є) викликає особливу зацікавленість морфологія зовнішнього вигляду плодів і суплідь (*Aesculus carnea* 'Briottii', *Aesculus hippocastanum*, *Castanea savita* і *Corylus colurna*).

Таким чином, із 15-ти характеристик покритонасінних деревних рослин, через призму яких пропонується розглядати їх декоративність, запам'ятовується надовго, якщо не назавжди, все-таки короткотермінове двотижневе цвітіння навесні до розпускання листків рожевоквіткового *Cercis canadensis* і білоквіткової *Magnolia kobus* та після розпускання на зеленому фоні вже листкового покриву рожево-білоквіткового *Aesculus hippocastanum* і червоноквіткового *Aesculus carnea* 'Briottii', а також махровоквіткової *Prunus serrulata* 'Kansan'.

Підсумковий аналіз даних оцінювання декоративності деревних рослин зазвичай виконують за допомогою узагальнених шкал (табл. 2), за якими можна встановити бальну межу ступеня декоративності для кожного видового таксону чи їх декоративних форм. Об'єднавши, наприклад, квіткові деревні рослини, у групи за ступенем декоративності, їх практичне використання у ландшафтній архітектурі та дизайні, а також садово-парковому мистецтві стає професійно більш обґрунтованим і фахово цілеспрямованим. Очевидно, що при цьому науково зрозумілішими стають не тільки ботанічні об'єкти теологічного спрямування (Barna & Barna, 2017; Antoniv, 2017), але й сади "нової хвилі" Піта Удольфа (Solovei, 2015).

Таблиця 2

Ступінь декоративності деревних рослин відділу *Magnoliophyta*

Сумарний бал	< 35	36–50	51–65	66 >
Ступінь декоративності	Низька	Середня	Висока	Дуже висока

В умовах специфічного антропогенного навантаження університетського містечка Сумського НАУ середнім ступенем декоративності характеризуються наступні таксони модельного ряду (рис. 5): *Acer platanoides*, *Acer platanoides* 'Globosum', *Aesculus carnea* 'Briottii', *Aesculus hippocastanum*, *Castanea savita*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus excelsior* 'Pen-

dula', *Magnolia kobus*, *Quercus robur* 'Fastigiata', *Platanus occidentalis*, *Prunus serrulata* 'Kansan', *Quercus robur*, *Malus niedzwetzkyana*. В той же час високого ступеня декоративності досягли: *Acer negundo* 'Variegatum', *Betula pendula*, *Catalpa speciosa*, *Cercis canadensis*, *Corylus colurna*, *Sorbus torminalis*, *Viburnum opulus*.

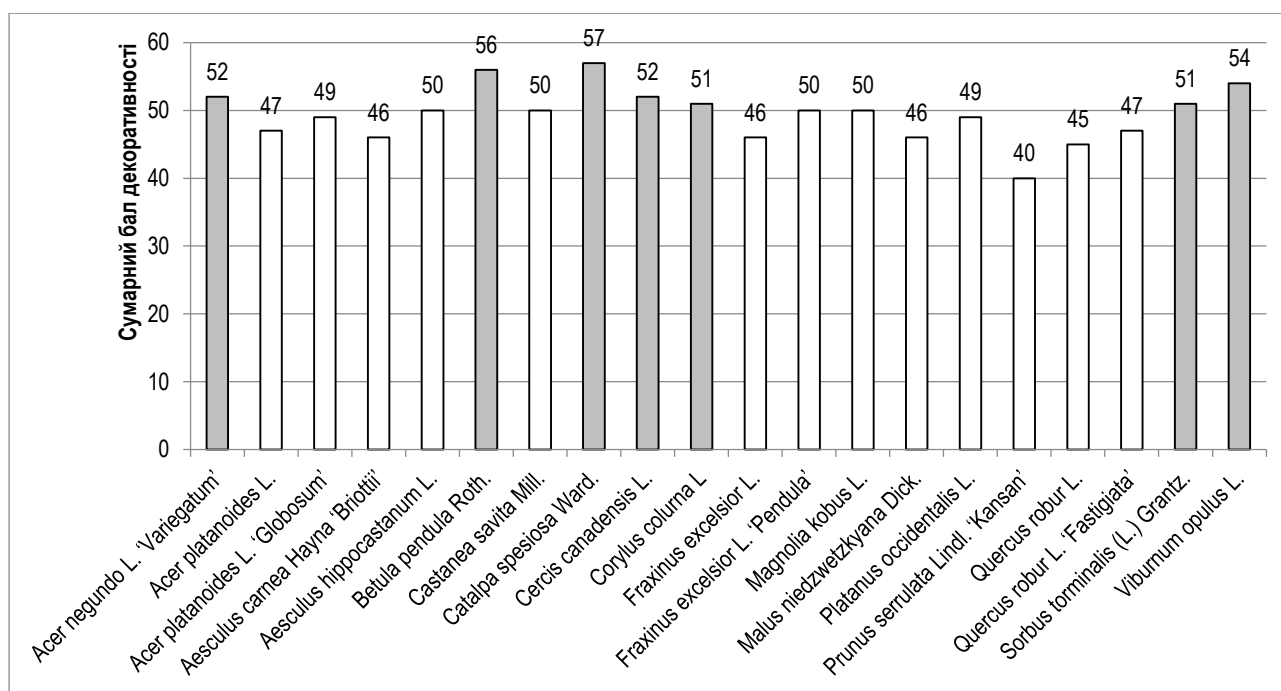


Рис. 5. Оцінка декоративності квіткових деревних рослин на прикладі таксонів в арборетумі Сумського НАУ:

□ – середня декоративність,

■ – висока декоративність

На території університетського містечка Сумського НАУ зростають видові таксони та декоративні форми квіткових деревних рослин навіть з порівняно низьким ступенем декоративності, але вони гармонійно вписались у загальний ландшафт його інфраструктури. Між тим вважаємо, що "естетичність і емоційність" більшості квіткових деревних рослин в ландшафті університетського містечка не менш достатньо необхідна, ніж її декоративність.

Висновки. Дендрологічне поняття "декоративність деревних рослин" досить об'ємне та складне: розкривати

його сутність не просто. Відомі методичні підходи і результати оцінювання декоративності на категорійних рівнях "вид" (Vardanyan, 2017) і "рід" (Ryazanova & Putenikhin, 2011; Pavlenkova, 2015), в цілому ландшафтних композицій (Emelyanova, 2016) та зелених насаджень сучасних урбоєко-систем (Zalyvskaya & Babich, 2012) й інші напрацювання.

Погоджуючись з мовною транслітерацією термінів (Barna, 2015) і сучасною таксономією (Zaiachuk, 2014; Chopuk & Fedoronchuk, 2015) квіткових деревних рослин, пропонуємо наш варіант комплексного оцінювання декоративності деревних рослин відділу *Magnoliophyta*. При цьому зосереджуємо

увагу на використанні напрацьованих нами 5-бальних шкал декоративності за 12-ма морфологічними ознаками (архітектура стовбура і крони, форма крони, забарвлення кори, розмір листків, колір листків, життєздатність листків, розмір квіток і суцвіть, колір квіток і суцвіть, тривалість цвітіння, привабливість плодів і суцвіть, збереження плодів і суцвіть, аромат запахів) та 3-ма показниками: життєвого стану (пошкодженість) і природних умов місцезростань (зимостійкість, морозостійкість) деревних рослин.

Життєвий стан деревних рослин відділу *Magnoliophyta* найбільш типово проявляє себе на молодому, середньовіковому та старшому генеративних етапах онтогенезу,

оскільки саме в цей час їх росту і розвитку окремі особини видових таксонів своїм зовнішнім виглядом, як правило, естетично позитивно і емоційно піднесено сприймаються більшістю людей.

Ступінь декоративності квіткових деревних рослин визначається 4-бальною шкалою: низька (< 35 балів), середня (36–50 балів), висока (51–65 балів) та дуже висока (66 > балів). Як приклад, більшість видових таксонів квіткових деревних рослин в дендрарії Сумського НАУ відносяться до середнього та високого ступеня декоративності.

Бібліографічні посилання:

1. Kolesnikov, A. I. (2018). Dekorativnaya dendrologiya [Decorative dendrology]. Zolotyie stranitsy, Kharkov (in Russian).
2. Rubtsov, L. I. (1977) Derevyia i kustarniki v landshaftnoy arkhitekture. [Trees and shrubs in landscape architecture]. Nauk. dumka, Kyiv (in Ukrainian).
3. Runova, Ye. M. & Gnatkovich, P.S. (2014). Otsenka dekorativnosti drevesno-kustarnikovykh introdutsentov chastnykh sadov goroda Bratska [Assessment of the decorativeness of tree and shrub introductions of private gardens in the city of Bratsk]. Sistemy. Metody. Tekhnologii, 136–140 (in Russian).
4. Kotelova, N. V. & Vinogradova, O. N. (1974). Otsenka dekorativnosti derevyev i kustarnikov po sezonam goda [Assessment of trees and shrubs decorativeness by seasons]. Fiziologiya i selektsiya rasteny i ozeleneniye gorodov. MLTI, Moscow, 37–44 (in Russian).
5. Kokhanovskiy, V. M. & Kovalenko, I. M. (2013). Dekorativnaya dendrologiya Navchalnyi posibnyk. Chastyna 2. Magnoliophyta [Decorative dendrology. Tutorial. Part 2. Magnoliophyta]. Sumy: Sumy National Agrarian University, 284 (in Ukrainian).
6. Melnyk, T. I. & Melnyk, A. V. (2013). Vydovyi sklad i kilkisa uchashtykh porid u vulychnykh nasadshenniakh mista Sumy [Species composition and quantitative participation of tree species in street plantations of Sumy]. Naukovyi visnyk NUBIP Ukrainy. Ser.: Lisivnytstvo ta dekorativne sadivnytstvo, 187(3), 45–55 (in Ukrainian).
7. Kovalenko, I. M. (2018). Lisova ekolohiia z osnovamy lisovidnovlennia ta lisorozvedennia [Forest ecology with the basics of reforestation and afforestation]. PF Vydavnytstvo "Universytetska knyha", Sumy (in Ukrainian).
8. Kokhanovskiy, V. M., Melnyk, T. I., Kovalenko, I. M. & Melnyk, A. V. (2020). Dekorativnaya dendrologiya. Navchalnyi posibnyk. Chastyna 1. Morphologiya roslin. Pinophyta (Holonasinni) [Decorative dendrology. Tutorial. Part 1. Morphology of plants. Pinophyta (Gymnosperms)]. Kollash–Prynt, Sumy (in Ukrainian).
9. Smirnova, O. V. & Bobrovsky, M. V. (2001). Ontogenez dereva i ego otrazheniye v strukture i dinamike rastitel'nogo pokrova [Ontogenesis of a tree and its reflection in the structure and dynamics of the vegetation cover]. Ekologiya, 3, 177–181 (in Russian).
10. Emelyanova, O. Yu. (2016). K metodike kompleksnoy otsenki dekorativnosti drevesnykh rasteny [To the method of complex assessment of the decorativeness of woody plants], Sovremennoye sadovodstvo, 3, 54–74 (in Russian).
11. Utkin, A. I. (1985). Derevo. Lesnaya entsiklopediya. Tom pervy «Abeliya – Limon». [Tree. Forest encyclopedia. Volume one «Abelia – Lemon». Sovetskaya entsiklopediya, Moscow, 249–255 (in Russian).
12. Anuchin, N. P., Atrokhin, V. G., Vinogradov, V. N. & Vorobyev, G. I. (1985). Lesnaya entsiklopediya. T. 1. Abeliya – Limon. [Forest encyclopedia. T. 1. Abelia – Lemon]. Sovetskaya entsiklopediya, Moscow (in Russian).
13. Anuchin, N. P., Atrokhin, V. G., Vinogradov, V. N. & Vorobyev, G. I. (1986). Lesnaya entsiklopediya. T. 2. Limonnik – Yashcheritsy. [Forest encyclopedia. T. 2. Lemongrass - Lizards]. Sovetskaya entsiklopediya, Moscow (in Russian).
14. Kokhno, M. A., Parkhomenko L. I. & Zarubenko A. U. (2002). Dendroflora Ukrainy. Dykorosli y kulytvovani dereva i kushchi. Pokrytonasinni. Chastyna I. Dovidnyk. [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Covering seeds. Part I. Handbook]. Fitosotsiotsentr, Kyiv (in Ukrainian).
15. Kokhno, M. A. & Trokhymenko N. M. (2005). Dendroflora Ukrainy. Dykorosli y kulytvovani dereva i kushchi. Pokrytonasinni. Chastyna II. Dovidnyk. [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Covering seeds. Part II. Handbook]. Fitosotsiotsentr, Kyiv (in Ukrainian).
16. Zaiachuk, V. Ya. (2014). Dendrologiya. [Dendrology]. SPOLOM, Lviv (in Ukrainian).
17. Kononchuk, O. B. (2018). Plodovi ta yahidni kulturny ahrobiolaboratorii Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. [Fruit and berry crops of agrobiolaboratoria of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk]. Vektor, Ternopil (in Ukrainian).
18. Barna, M. M. & Barna, L. S. (2017). Dendrarii Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka ta perpsektivnyy stvorennia bibliinoho botanichnoho sadu. [Arboretum of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk and prospects of creating a biblical botanical garden]. TOV "Terno – hraf", Ternopil (in Ukrainian).
19. Zadvornyi, K. O. & Barna, M. M. (2019). Doslidshennia dendroflory hidroparku "Topilche" m. Ternopolia. [Research of dendroflora of Topilche hydropark in Ternopil]: Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia, Vektor, Ternopil, 123–127 (in Ukrainian).
20. Kerkush, N. V. & Barna, M. M. (2019). Dendroflora vnutrishnnoho rekreatsiinoho dvoryks TNPU imeni Volodymyra Hnatiuka. [Dendroflora of the inner recreational yard of TNPU named after Volodymyr Hnatiuk]: Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia,

Vektor, Ternopil, 134–138 (in Ukrainian).

21. Kokhanovskiy, V. M. (2001). Trostianetskyi lisopark. [Trostianets Forest Park]. Zapovidni skarby Sumshchyny. Vydavnytstvo "Dsherelo", Sumy, 167–170 (in Ukrainian).

22. Melnyk, T. I. (2015). Stan vulychnykh nasadshen tsentralnoi chastyny m. Sumy. [Condition of street plantings in the central part of Sumy]. Visnyk Sums'koho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia, ed. 9, 219–224 (in Ukrainian).

23. Antoniv, S. F. (2017). Roslyny ta istyna oriiv. [Plants and the truth of the ori]. TOV Nilan – LTD, Vinnytsia (in Ukrainian)

24. Solovei, D. S. (2015). Osoblyvosti planuvannia safiv "novoi khvyli" Pita Udolfa. [Peculiarities of Pete Udolph's "new wave" garden planning]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, 25(2), 85–89 (in Ukrainian).

25. Vardanyan, Zh. A. (2017). Metodologicheskiye aspekty otsenki dekorativnosti drevesnykh rasteny. [Methodological aspects of assessing the decorativeness of woody plants], Biologicheskyy zhurnal Armenii, 340–349 (in Russian).

26. Pavlenkova, G. A. (2015). Otsenka vidov roda spireya (Spirea L.) genofonda dendrariya VNIISPК. [Assessment of species of the genus Spirea (Spirea L.) of the gene pool of the arboretum of VNIISPК [Electronic resource]. Sovremennoye sadovodstvo [Contemporary horticulture], 4, 77–85 (in Russian).

27. Ryazanova, N. A. & Putenikhin, V. P. (2011). Otsenka dekorativnosti klenov v Ufimskom Botanicheskom sadu. [Assessment of the decorativeness of maples in the Ufa Botanical Garden]. Vestnik IrGSKhA, 4(44). 121–128 (in Russian).

28. Zalyvskaya, O. S. & Babich, N. A. (2012). Shkala kompleksnoy otsenki dekorativnosti derevyev i kustarnikov v gorodskikh usloviyakh na severe. [A comprehensive assessment scale for the decorativeness of trees and shrubs in urban conditions in the north]. Vestnik, PGU, 96–105 (in Russian).

29. Barna, M. M. (2015). Botanika. Poniattia. Personalii. [Terms. Concept. Personalities]. TOV "Terno – hraF", Ternopil (in Ukrainian).

30. Chopyk, V. I. & Fedoronchuk, M. M. (2015). Flora Ukrainskykh Karpat [Flora of the Ukrainian Carpathians]. TzOV «Terno – graf», Ternopil (in Ukrainian).

Kokhanovskiy V. M., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Barna M. M., Doctor (Biological Sciences), Professor, Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk, Ternopil, Ukraine

Barna L. S., Doctor (Biological Sciences), Associate Professor, Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk, Ternopil, Ukraine

Melnyk T.I., PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

METHODOLOGICAL ASPECTS OF EVALUATION OF ORNAMENTAL WOODY PLANTS OF THE MAGNOLIOPHYTA DIVISION ACCORDING THE COMPLEX OF MORPHOLOGICAL SIGNS AND SIGNS OF VITALITY

For the first time, a comprehensive assessment of the decorativeness of woody plants at the level of the Magnoliophyta department was considered.

Methodologically organized group of features that directly shape the decorativeness of woody plants (trunk and crown architectonics with or without leaf cover; hereditary typical crown form with possible adaptation options; texture and color of the bark, frame branches and shoots of the crown; size, color and duration of leaf viability; size and color of flowers and inflorescences, as well as the abundance and duration of their flowering; decorative attractiveness and storage life of fruits and inflorescences; aroma of bark and leaves, flowers and inflorescences, fruits and compound fruit odors) and a group of indirectly influential indicators of decorativeness (damage – unpredictable "negatives" of woody plants living condition; winter hardiness – the resistance of woody plants and a set of unfavorable conditions in winter; frost resistance – an indicator of frost impact on woody plants in winter) woody plants of Magnoliophyta division.

Particular attention is focused on the use of our 5-point scales that we have developed for assessing the decorativeness of woody plants on 12 morphological characteristics (trunk and crown architectonics, crown shape, bark color, leaf size (needles), leaf color, leaf viability, flower and inflorescences size, flowers and inflorescences color, duration of flowering, fruits and compound fruits attractiveness, fruits and compound fruits storage, aroma of odors) and 3 indicators of living condition (damage) and natural conditions of habitats (winter hardiness, frost resistance) of woody plants.

It is shown by the example of Betula pendula Roth. that the living condition of trees, bushes and climbing lianas of the Magnoliophyta division most typically manifests itself in the virginal, young, medieval and older generative stages of ontogenesis. At this time of growth and development, species taxa with their appearance, as a rule, are aesthetically positive and emotionally elevated perceived by most people. These stages of flowering woody plants ontogenesis are marked by a rather high, if not maximum decorativeness.

Key words: arboretum, trunk and crown architectonics, species taxon, landscape architecture, landscape design, garden and park art, scale of decorativeness evaluation.

Дата надходження до редакції: 25.01.2020 р.

ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ ЗА ОЗИМОГО СПОСОБУ ДЛЯ УМОВ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Новікова Анна Віталіївна

кандидат сільськогосподарських наук, асистент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1515-5593
anovikova1208@gmail.com

Вперше у богарних умовах північно-східного Лісостепу України розроблено та науково обґрунтовано елементи технології вирощування цибулі ріпчастої в озимій культурі для сортів довгого та гібриду короткого дня з насіння і сіянки. Визначено споживання основних елементів живлення рослинами цибулі за озимого способу вирощування.

За результатами вивчення поживного режиму ґрунту встановлено, що вміст поживних елементів залежить як від дози добрив, так і від строку сівби. Найбільш вираженою була динаміка вмісту нітратних сполук азоту. В осінній період найбільший вміст поживних елементів в ґрунті спостерігався за внесення $N_{82}P_{75}K_{110}$: нітратного азоту – 39,7–49,7 мг/кг, рухомого фосфору – 161–163 мг/кг та обмінного калію – 170–176 мг/кг.

За результатами фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин цибулі під впливом досліджуваних факторів встановлено, що використання біологізованої системи удобрення (Біодеструктор стерні 1 л/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Еміс-тим С 10 мл/кг) відмічається прискорення появи сходів рослин цибулі на 1–3 доби.

Восени, перед завершенням вегетації, за вирощування з насіння рослини цибулі сортів Ткаченківська та Маяк, а також гібриду Вольф F₁ формували у середньому по 3,8–2,3 листків на 1 рослину. Більш розвиненими були рослини за сівби у III декаді липня та I декаді серпня, що вирощувалися по фоні розрахункової та біологізованої системи удобрення.

У період збирання, як у сортів, так і у гібриду, найбільш розвинений асиміляційний апарат був отриманий за першого–третього строків сівби, при вирощуванні по розрахунковому та біологізованому фоні – 6,8–7,2 шт. Досліджувані фактори мали вплив і на зимостійкість рослин. Найбільший відсоток рослин, що перезимували по сортах і гібриду, був отриманий за сівби в I декаді серпня за розрахункової і біологізованої системи удобрення. Для сортів Ткаченківська і Маяк він становив 70–71 %, для гібриду Вольф F₁–81 %. За вирощування з сіянки найвища зимостійкість спостерігалася за садіння в I декаді вересня – для сортів 78–79 % та 88 % для гібриду. При визначенні товарної врожайності цибулі ріпчастої за вирощування з насіння встановлено, що як у сортів, так і у гібриду найбільш ефективними строками сівби є I та II декада серпня по фоні розрахункової та біологізованої системи удобрення.

За якістю отриманий урожай цибулин відповідав вимогам діючих нормативних документів. Вміст нітратів знаходився у межах 45–80 мг/кг і не перевищував максимально допустимого рівня, суха речовина складала 10–13 %, загальний цукор 5–8 %.

Ключові слова: цибуля, спосіб вирощування, строки сівби (садіння), система удобрення, кулісні посіви.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.7>

Вступ. Цибуля ріпчаста за поживною цінністю і використанням займає одне з провідних місць серед овочевих культур в Україні. Річна норма споживання цибулі, згідно медичних норм, повинна складати 6–10 кг на одну людину. У структурі посівних площ під овочевими культурами в Україні цибуля займає близько 9 %, її валові збори складають 956,5–1141,3 тис. т/рік. На ринку овочів наприкінці весни–початку літа спостерігається її дефіцит, що стимулює зростання цін. Альтернативою може стати надранній врожай цибулі ріпчастої, який отримують за озимого способу вирощування. При цьому врожай досягає на 1–1,5 місяці раніше, порівняно з цибулею весняного строку сівби. Для вирощування цибулі-«підсніжника» підходять майже всі ґрунтово-кліматичні зони. В Україні посівні площі озимої цибулі, головним чином, зосереджені на півдні. Широке її розповсюдження в інших зонах стримує відсутність науково-обґрунтованих технологій вирощування. Розробляючи технології вирощування, особливо увагу необхідно приділяти елементам, які сприятимуть формуванню високої зимостійкості рослин. До них належать строки сівби або садіння, підбір сортів і гібридів, оптимізація умов живлення для максимального задоволення біологічних потреб культури, використання кулісних посівів для підвищення зимостійкості рослин. У північно-східному Лісостепу актуальною є розробка

цих елементів для богарних умов, так як за статистикою площа зрошуваних полів під овочевими в даній зоні складає лише 26 %.

Проводять дослідження з вивчення вирощування цибулі ріпчастої різними способами і зарубіжні науковці. Вчені з Кореї займаються оцінкою сортів цибулі залежно від строків сівби, способів вирощування та зрілості цибулин за певними характеристиками (Jongtae Lee et al., 2020). В Індії активно вивчаються питання життєздатності, якості та псування насіння цибулі за різних умов вирощування та зберігання (Thirusendura Selvi & Saraswathy, 2017). Турецькі вчені займаються проблемами солестійкості, споживання води та впливу на урожайність різних умов вирощування (Arslan et al., 2018) та контролю забур'яненості у посівах цибулі (JR Qasem, 2015). У Бразилії до вивчення поставили питання оцінки стійкості цибулі до трипсів у посушливих умовах вирощування за різних способів вирощування (Gleyce de Oliveira Ferreira et al., 2017). В Японії актуальним є вивчення реакції сортів цибулі на яровізацію (Machiko Fukuda et al., 2017). В Англії займаються порівнянням урожайності у сортовипробуваннях цибулі ріпчастої (Dowker & Mead, 2015). Іспанські науковці вивчають питання розподілу ресурсів та впливу різних умов вирощування на смакові та біохімічні якості цибулі (Mallor & Thomas, 2008). Дослідники із США, Китаю, Німеччини, Єгипту, Чехії та інших

країн теж займаються питаннями підбору сортів та гібридів, строків садіння, застосування добрив і зрошення, тунельних укриттів, біотехнологією та селекцією цибулі ріпчастої (Yasin & Bufler, 2015; Currah et al., 2015; Kutty et al., 2015; Miedema, 2015; Alemzadeh Ansari, 2007; Aboukhadrah et al., 2017) В усіх, зазначених вище статтях та наукових публікаціях, йде мова про способи вирощування цибулі в озимій та ярій культурі.

Мета дослідження полягала у теоретичному обґрунтуванні і розробці елементів технології вирощування цибулі ріпчастої за озимого способу в богарних умовах північно-східного Лісостепу України, що передбачала підбір сортів і гібридів, системи удобрення, строків сівби і садіння, способів вирощування та використання кулісних посівів для підвищення зимостійкості рослин, які забезпечать одержання високих економічних та енергетичних показників виробництва надранньої продукції.

Матеріали і методи досліджень. Вихідним матеріалом для досліджень були 2 сорти цибулі української селекції (Ткаченківська, Маяк) та гібрид голландської селекції – Вольф.

Методи дослідження: польовий – для спостережень за ростом і розвитком рослин та формуванням урожайності цибулі ріпчастої; візуальний – для ведення фенологічних спо-

стережень; вимірювально-ваговий – для визначення біометричних показників і урожайності рослин; лабораторний – для визначення вмісту азоту, фосфору і калію у ґрунті та хімічного складу продукції; математично-статистичний – для оцінки достовірності результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної та біоенергетичної ефективності досліджуваних елементів технології.

Дослідження проводились на полях зерно-овочевої сівозміни Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний слабовилугуваний крупно-пилуватий середньосуглинковий на лесі, вміст гумусу – 3,8–4,1 %, рН сольової витяжки – 5,9–6,8; сума увібраних основ 29–31 мг-екв.; вміст рухомих форм фосфору – 83–113 мг/кг, обмінного калію – 69–92 мг/кг ґрунту. Мінеральні добрива вносили у вигляді аміачної селітри, суперфосфату простого гранульованого, калію хлористого. Норма витрат насіння 1,0–1,25 млн шт/га схожих насінин (4–5 кг).

Технологія вирощування в досліді загальноприйнята для цибулі ріпчастої в зоні північно-східного Лісостепу України, окрім елементів, що вивчалися. Загальна площа ділянки в польових дослідіх – 21 м², облікова – 11,2 м², повторність – шестикратна.

Дослідження включало три досліді:

Дослід 1. Ефективність вирощування цибулі ріпчастої з насіння за озимого способу залежно від строку сівби та системи удобрення

Строк сівби (фактор А)	Доза добрив (фактор В)
III декада липня (контроль)	1. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (контрольна доза добрив, яка рекомендована для умов без зрошення)
I декада серпня	2. N ₈₂ P ₇₅ K ₁₁₀ (розраховано на запланований урожай 20 т/га)
II декада серпня	3. Обробка стерні і соломи попередника Біодеструктором стерні (1 л/га) + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + обробка насіння біостимулятором росту Емістим С (10 мл/кг)
III декада серпня	

Дослід 2. Ефективність вирощування цибулі ріпчастої з сіянки* за озимого способу залежно від строку садіння та системи удобрення

Строк сівби (фактор А)	Доза добрив (фактор В)
II декада серпня (контроль)	1. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (контрольна доза добрив, яка рекомендована для умов без зрошення)
III декада серпня	2. N ₈₂ P ₇₅ K ₁₁₀ (розраховано на запланований урожай 20 т/га)
I декада вересня	3. Обробка стерні і соломи попередника Біодеструктором стерні (1 л/га) + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + обробка насіння біостимулятором росту Емістим С (10 мл/кг)
II декада вересня	

*Для висаджування використовували цибулю сіянку діаметром 1,1–1,4 см. Норма садіння 680–735 кг/га, густина рослин 650–670 тис. шт./га.

Дослід 3. Ефективність заходів підвищення зимостійкості рослин цибулі ріпчастої при вирощуванні з насіння

Строк сівби (фактор А)	Доза добрив (фактор В)
Без укриття (контроль)	1. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (контроль)
	2. N ₈₂ P ₇₅ K ₁₁₀ (розраховано на запланований урожай 20 т/га)
Ячмінь ярий	3. Обробка стерні і соломи попередника Біодеструктором стерні (1 л/га) + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + обробка насіння біостимулятором росту Емістим С (10 мл/кг)
Гірчиця біла	

Визначали основні фази росту і розвитку рослин цибулі. Біометричні вимірювання проводили перед входженням в зиму, коли визначали кількість листків, їх сумарну довжину; навесні (перед виляганням пера) – кількість листків, їх сумарну довжину, масу цибулини. Облік урожаю проводили методом поділянкового зважування у період технічної стиглості з поділом на товарні (стандартний та нестандартний) та нетоварні (хворі) цибулини згідно ДСТУ 3234 «Цибуля ріпчаста свіжа технічні умови». Якість урожаю визначали за наступними показниками: вміст сухої речовини (ГОСТ 28561–90), нітратів (ГОСТ 29270–95), суми цукрів (М03–2001).

Облік рослин, що застрілювали проводили шляхом підрахунку залежно від досліджуваних факторів на дослідних ділянках. Облік рослин, що перезимували (зимостійкість), на фіксованих ділянках здійснювали шляхом підрахунку рослин

перед входженням в зиму (восени) та навесні після відновлення вегетації культури.

Результати досліджень. Динаміка родючості ґрунту. Збільшення дози добрив сприяє поліпшенню поживного режиму ґрунту на посівах цибулі ріпчастої за озимого способу вирощування. Найбільш виражена динаміка спостерігалася у нітратного азоту, на його вміст впливали як строк сівби, так і система удобрення. В осінній період за внесення N₈₂P₇₅K₁₁₀ спостерігався найвищий вміст нітратного азоту – 39,7–49,7 мг/кг, рухомого фосфору – 161–163 мг/кг та обмінного калію – 170–176 мг/кг. У фазу найбільшого споживання елементів живлення (формування цибулини), оптимальний поживний режим ґрунту був за використанням розрахункової (N₈₂P₇₅K₁₁₀) дози та біологізованої (Біодеструктор стерні 1 л/га + N₆₀P₆₀K₆₀ + Емістим С 10 мл/кг) системи удобрення.

Збільшення вмісту нітратного азоту відносно контролю складає плюс 10–26 %, рухомого фосфору 7,4–9,5 %, обмінного калію – 5,5–8,2 %.

За використання біологізованої системи удобрення, у фазу утворення цибулини, порівняно з попереднім строком відбору проб ґрунту, вміст азоту, фосфору, калію має тенденцію до зростання, що є наслідком підвищення мікробіологічної активності ґрунту та розкладання рослинних решток. На кінець вегетації культури відмічається суттєве зменшення вмісту нітратного азоту в ґрунті.

Ріст і розвиток рослин цибулі. За пізніх строків сівби насіння (II і III декади серпня) і садіння сіянки (I та II декади вересня), навесні подовжуються міжфазні періоди, внаслідок чого відбувається більш пізнє дозрівання урожаю (вильгання пера). Обробка насіння та сіянки Емістимом С прискорює появу сходів та настання фаз росту і розвитку на 1–3 доби раніше, порівняно з еталоном. Кулісні посіви не впливали на ріст і розвиток рослин цибулі в осінній період. Навесні, за використання куліс, відмічається сповільнення розвитку рослин цибулі на 2–7 дів відносно контролю.

За більш пізніх строків сівби, відмічається зниження облистяності рослин та сумарної довжини листків. За використання $N_{82}P_{75}K_{110}$ і Біодеструктора стерні + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Емістим С відносно еталону зростає кількість листків на рослині та їх сумарна довжина на 12–21 % та 10–15 % відповідно. У сортів Ткаченківська та Маяк найбільші за масою цибулини формувалися за сівби у I декаді серпня – 25,4–31,9 г та 25,6–29,2 г відповідно. Найбільші

цибулини гібриду Вольф F₁ формувалися за сівби у II декаді серпня – 29,5–31,5 г. За більш пізніх строків сівби відмічається зменшення середньої маси цибулини.

Застосування як розрахункової, так і біологізованої систем удобрення відносно еталону збільшує облистяність рослин, сумарну довжину листків та середню масу цибулини. На основі кореляційного аналізу виявлено прямий зв'язок між середньою масою цибулин та кількістю і сумарною довжиною листків ($r = 0,57-0,84$). Також середня маса цибулини залежить від вмісту обмінного калію в ґрунті $r = 0,51-0,62$, залежно від сорту та строку відбору проб ґрунту. Внаслідок формування стадійно молодих рослин, за пізніх строків сівби, відмічається зменшення стрілкування рослин на посівах сортів Ткаченківська та Маяк з 22,6 % до 15,6 %.

У гібриду Вольф F₁ стрілкування відмічалось лише за контрольного строку сівби на рівні 2,0–5,0 %. За вирощування із сіянки у сорту Ткаченківська і Маяк, порівняно з контролем (II декада серпня), середня маса цибулин за другого строку істотно збільшується до 34,5–36,3 г. За більш пізніх строків сівби спостерігається зменшення цибулин. У гібриду Вольф F₁ найбільші цибулини формуються за садіння у I декаду вересня 34,5–35,1 г. За використання куліс із гірчиці, навесні відмічається зростання облистяності рослин сортів на 7,3–12,1 %, відносно контролю (6,5–7,0 шт.). Середня маса цибулини зростає до 30–35 г, залежно від варіантів удобрення. Аналогічна закономірність відмічається і на посівах гібриду Вольф F₁ (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив строків сівби та норм добрив на біометричні показники рослин цибулі сорту Ткаченківська за вирощування з насіння (2013–2016 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Система удобрення (фактор В)	Фаза 3–4 листки (осінній період)		Збирання врожаю			Стрілкування рослин, %
		кількість листків, шт.	сумарна довжина листків, см	кількість листків, шт.	сумарна довжина листків, см	маса цибулини, г	
III дек.07	1*	3,3	62,8	6,1	203	23,2	19,2
	2	3,5	69,4	6,8	211	26,8	17,6
	3	3,6	70,1	7,2	216	25,5	17,6
I дек.08	1	3,0	63,5	6,6	222	25,4	18,6
	2	3,2	68,9	7,1	227	31,9	16,8
	3	3,8	69,6	7,2	230	28,1	17,0
II дек.08	1	3,0	48,8	6,5	228	25,6	17,3
	2	3,1	52,4	6,9	230	29,4	16,5
	3	3,1	53,2	7,0	229	29,0	16,4
III дек.08	1	2,8	43,0	6,0	211	20,6	16,4
	2	2,9	46,5	6,2	215	22,1	15,4
	3	2,9	46,6	6,3	219	21,1	15,3
HIP _{0,5} А		0,1–0,3	4,2–7,1	0,3–0,6	14–17	2,0–2,4	1,7–2,1
HIP _{0,5} В		0,1–0,2	3,6–5,4	0,3–0,4	4–7	1,6–2,0	1,1–1,7
HIP _{0,5} АВ		0,4–0,5	5,1–8,0	0,7–0,9	16–20	2,3–3,1	2,0–2,2

*Примітка. 1 – $N_{60}P_{60}K_{60}$; 2 – $N_{82}P_{75}K_{110}$; 3 – обробка стерні і соломи попередника Біодеструктором стерні (1 л/га) + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + обробка насіння біостимулятором росту Емістим С (10 мл/кг).

Зимостійкість рослин цибулі. Густота рослин цибулі в осінній період не залежала від строку сівби. За використання біологізованої системи удобрення (Біодеструктор стерні + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Емістим С) відмічається істотне зростання густоти посіву цибулі ріпчастої відносно еталону ($N_{60}P_{60}K_{60}$) на 18–20 % внаслідок стимулюючої дії Емістиму С та складала 709 тис. шт./га. При вирощуванні з сіянки густота рослин во-

сени складала близько 668 тис. шт./га і не залежала від досліджуваних факторів. Внаслідок покращення фосфорно-калійного живлення рослин зимостійкість при вирощуванні по фоні $N_{82}P_{75}K_{110}$ та Біодеструктор + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Емістим С підвищується на 14–18 % відносно еталону.

Ефективним засобом підвищення зимостійкості цибулі ріпчастої є застосування куліс (табл. 2).

Зимостійкість рослин цибулі ріпчастої залежно від застосування куліс, удобрення та сортових особливостей, %
(середнє за 2013–2016 рр.)

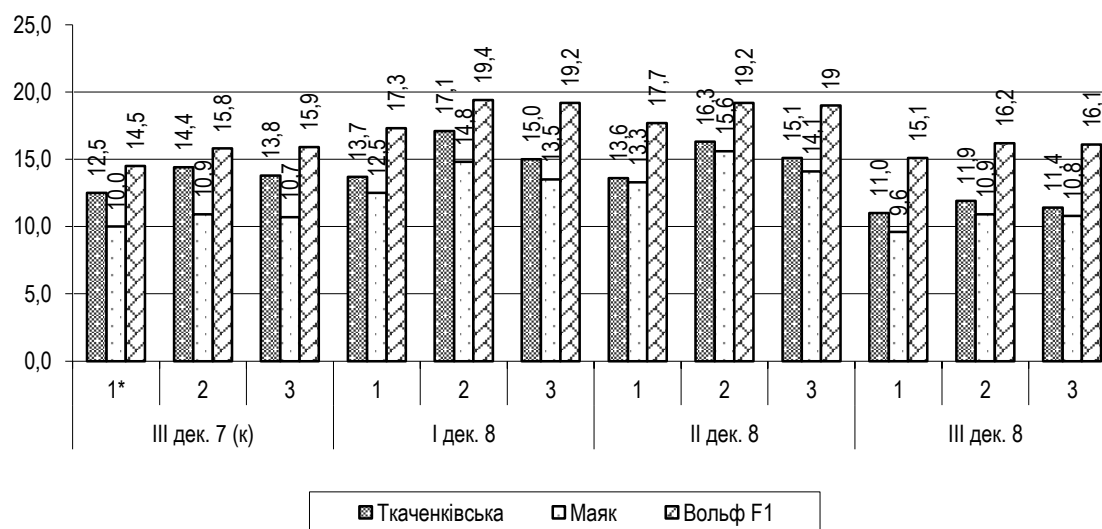
Куліси (фактор А)	Доза добрив (фактор В)	Перезимувало рослин (сорт / гібрид), %		
		Ткаченківська	Маяк	Вольф F1
Без куліс (контроль)	1*	66,4	65,4	76,4
	2	70,1	68,6	79,2
	3	70,2	68,7	79,0
Ячмінь ярий	1	75,6	74,3	85,4
	2	80,2	78,1	86,7
	3	80,4	78,4	88,3
Гірчиця біла	1	79,1	77,4	86,8
	2	84,4	81,5	88,1
	3	84,1	81,7	89,5
НІР _{0,5} А		6,2–7,4	5,9–6,7	4,1–6,7
НІР _{0,5} В		3,9–6,1	4,3–5,1	4,0–6,4
НІР _{0,5} АВ		7,7–8,6	7,5–7,8	5,2–7,1

*Примітка. 1 – N₆₀P₆₀K₆₀; 2 – N₈₂P₇₅K₁₁₀; 3 – обробка стерні і соломи попередника Біодеструктором стерні (1 л/га) + N₆₀P₆₀K₆₀ + обробка насіння стимулятором росту Емістим С (10 мл/кг).

За використання куліс з гірчиці показник зростає на 12,6–16,5 %. Підвищення зимостійкості рослин цибулі забезпечує збільшення їх густоти на весні на 53–102 тис. шт./га відносно контролю.

Урожайність та якість цибулі ріпчастої. Серед строків найбільш ефективною у сорту Ткаченківська виявилася сівба у I декаді серпня, за внесення N₈₂P₇₅K₁₁₀ – 17,1 т/га, що вище відносно контролю (III декада липня N₆₀P₆₀K₆₀) на 4,6 т/га (рис. 1). Насіння сорту Маяк доцільно висівати у II де-

каді серпня за внесення N₈₂P₇₅K₁₁₀, за цих умов урожайність відносно контролю зростає на 5,6 т/га та складала 15,6 т/га. За більш пізніх строків сівби спостерігається зниження рівня товарної урожайності. Значно вищу товарну урожайність, порівняно з досліджуваними сортами, отримали при вирощуванні гібриду Вольф F₁. За сівби у I та II декаді серпня та внесення N₈₂P₇₅K₁₁₀ або за використання Біодеструктор + N₆₀P₆₀K₆₀ + Емістим С урожайність становить 19,0–19,4 т/га, що вище відносно контролю на 31–34 % (рис. 1).



1* – N₆₀P₆₀K₆₀ (еталон), 2 – N₈₂P₇₅K₁₁₀, 3 – Біодеструктор 1 л/га + N₆₀P₆₀K₆₀ + Емістим С 10 мл/кг

НІР₀₅ Ткаченківська А = 0,66 – 1,27; В = 0,85 – 1,34; АВ = 0,91 – 1,68

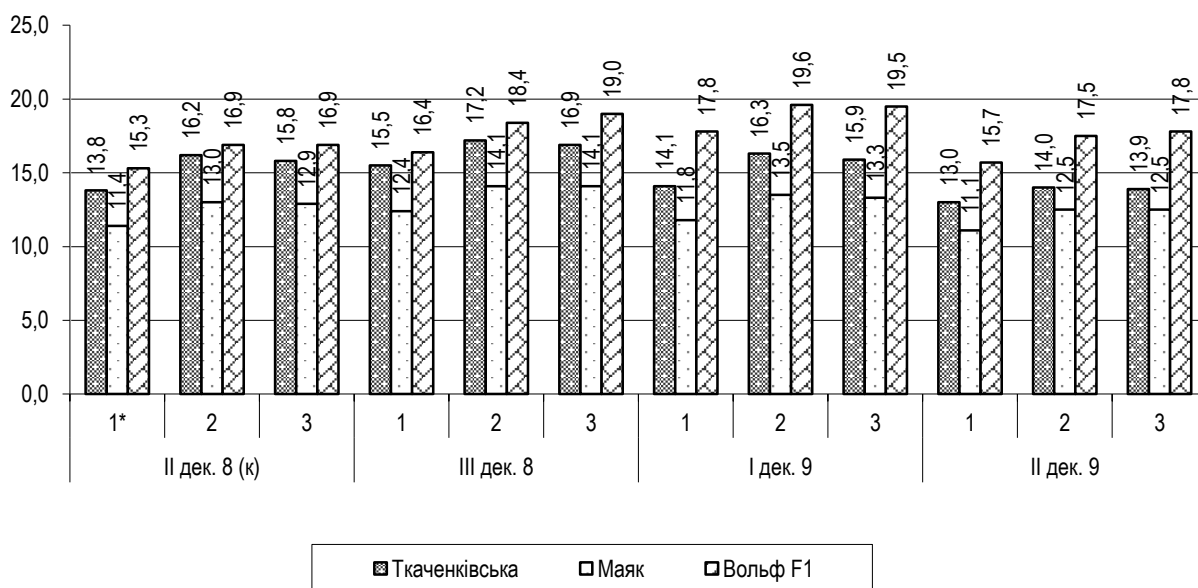
НІР₀₅ Маяк А = 0,69 – 0,85; В = 0,87 – 0,96; АВ = 0,90 – 1,04

НІР₀₅ Вольф F₁ А = 0,72 – 0,95; В = 0,88 – 1,06; АВ = 0,92 – 1,15

Рис. 1. Товарна урожайність цибулі ріпчастої залежно від сорту, строків сівби і систем удобрення за вирощування з насіння, т/га (2013–2016 рр.).

Оптимальний розвиток рослин забезпечує зростання урожайності, зокрема їх облистяність ($r = 0,57–0,84$) та середня маса цибулини ($r = 0,88–0,95$). Добрий розвиток рослин відбувається внаслідок поліпшення поживного режиму ґрунту та збільшення вмісту нітратного азоту ($r = 0,51–0,60$), рухомого фосфору ($r = 0,50–0,84$) та обмінного калію ($r = 0,54–0,93$). Також на урожайність має вплив зимостійкість ($r = 0,54–0,72$).

Оптимальним строком садіння сянки сортів Ткаченківська та Маяк за озимого способу вирощування є III декада серпня, для гібриду Вольф F₁ – I декада вересня. Оптимальною дозою добрив при вирощуванні цибулі ріпчастої з сянки є розрахункова – N₈₂P₇₅K₁₁₀. За цих умов вирощування, урожайність сорту Ткаченківська відносно контролю зростає на 24,6 % та становить 17,2 т/га, сорту Маяк – 23,7 % (14,1 т/га), гібриду Вольф F₁ – 28,1 % (19,6 т/га) (рис. 2).

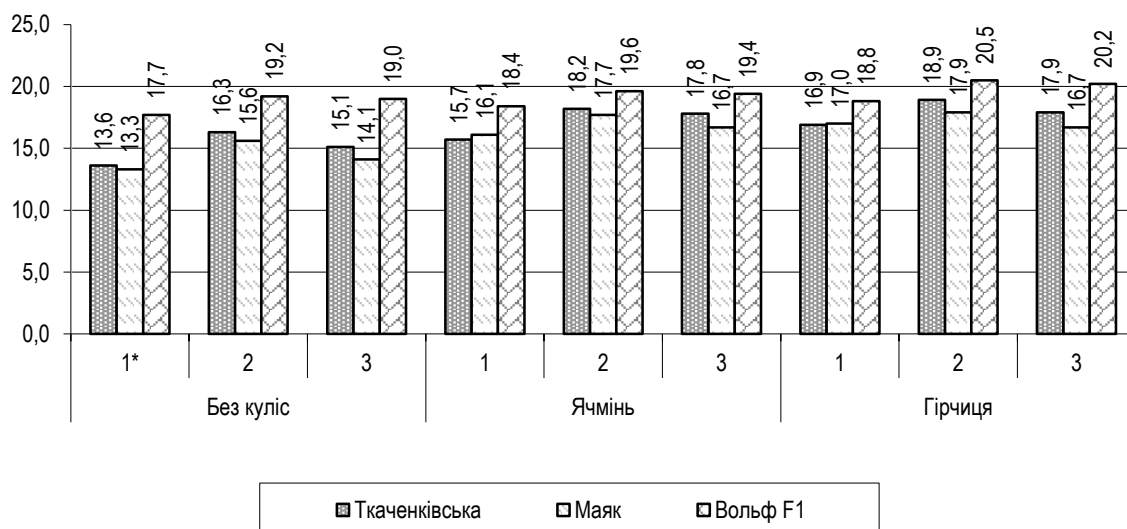


1* – N₆₀P₆₀K₆₀ (еталон), 2 – N₈₂P₇₅K₁₁₀, 3 – Біодеструктор 1 л/га + N₆₀P₆₀K₆₀ + Емістим С 10 мл/кг
 НІР₀₅ Ткаченківська А = 0,96 – 1,24; В = 1,05 – 1,63; АВ = 1,12 – 2,02
 НІР₀₅ Маяк А = 0,82 – 1,39; В = 0,95 – 1,77; АВ = 1,04 – 2,03
 НІР₀₅ Вольф F1 А = 0,97 – 1,43; В = 1,03 – 1,96; АВ = 1,28 – 2,34

Рис. 2. Врожайність цибулі ріпчастої залежно від сорту, строків садіння і систем удобрення за вирощування з сіянки, т/га (2013–2016 рр.).

Використання для вирощування куліс гірчиці та ячменю забезпечує істотне підвищення урожайності товарної продукції цибулі ріпчастої сортів Ткаченківська та Маяк в межах 1,9–3,7 т/га залежно від системи удобрення. Для гібриду

Вольф F1 в якості кулісної культури ефективно використовувати гірчицю, що забезпечує зростання врожайності на 1,1–1,3 т/га (рис. 3).



1* – N₆₀P₆₀K₆₀ (еталон), 2 – N₈₂P₇₅K₁₁₀, 3 – Біодеструктор 1 л/га + N₆₀P₆₀K₆₀ + Емістим С 10 мл/кг
 НІР₀₅ Ткаченківська А = 0,93 – 1,23; В = 0,98 – 1,41; АВ = 1,04 – 1,52
 НІР₀₅ Маяк А = 1,14 – 1,24; В = 1,26 – 1,39; АВ = 1,43 – 1,51
 НІР₀₅ Вольф F1 А = 0,95 – 1,08; В = 1,17 – 1,20; АВ = 1,32 – 1,44

Рис. 3. Врожайність цибулі ріпчастої залежно від сорту, використання куліс та систем удобрення за вирощування з насіння, т/га (2013–2016 рр.).

За вирощування гірчиці формується більша вегетативна маса в осінній період, що обумовлює кращу перезимівлю рослин. Також внаслідок формування мульчуючого шару з куліс поліпшується забезпечення рослин вологою у весняний

період. Розкладання вегетативної маси куліс забезпечило рослини цибулі додатковим живленням, що позитивно відобразилося на їх розвитку.

Якість врожаю цибулі ріпчастої за озимого способу ви-

рощування залежно від досліджуваних факторів була в межах норми. Вміст сухої речовини має тенденцію до зростання за більш пізніх строків сівби як у сортів, так і у гібриду. Найбільший вміст сухої речовини спостерігався за сівби рослин цибулі сорту Ткаченківська в III декаді серпня по фону N₈₂P₇₅K₁₁₀ – 11,21 %. Аналогічним чином змінювався вміст цукру.

За результатами досліджень вміст як сухої речовини, так і цукру, залежить від забезпеченості рослин під час вегетації сполуками фосфору і калію, що підтверджується даними кореляційного аналізу, за результатами якого виявлено прямі тісні зв'язки між вмістом сухої речовини і вмістом рухомого фосфору ($r = 0,76-0,81$) та обмінного калію ($r = 0,53-0,64$). Вміст нітратів у продукції як сортів, так і гібриду не перевищував максимально допустимого рівня.

Обговорення. В сучасному розумінні озима культура овочів – це система технологічних заходів, які забезпечують ріст, розвиток та формування врожаю овочевих рослин в осінньо-зимово-весняний період. Останнім часом наукових публікацій щодо даного способу вирощування є невелика кількість, а вже існуючі – являються надбанням переважно зарубіжних авторів у 1950–1980-х роках.

Успіх озимого вирощування овочевих культур залежить від погодно-кліматичних умов, наявності серед овочевих рослин форм з високою зимостійкістю, в онтогенезі яких наявний специфічний ритм росту та розвитку, а також застосування елементів технології, що сприяють Perezimivli рослин (Yanchuk, 2014; Yanchuk, 2015). Вирощування цибулі ріпчастої в озимій культурі стало можливим завдяки її пристосуванню до умов навколишнього середовища в центрі її походження та специфічним вимогам рослин до температурного режиму. В процесі філогенезу ріпчастої цибулі закріпились особливості, які найбільш повно відповідають умовам середовища на її батьківщині. Суворі зими, були фактором, який зумовив формування високої морозо- та зимостійкості цибулі (Solov'ev, 1954). Після формування її як озимої культури в умовах гірських плато Азії, цибуля ріпчаста набула здатності формувати кореневу систему за низьких позитивних температур (Steep, 1980).

В умовах Узбекистану оптимальним строком сівби цибулі озимої є перша половина вересня (Bakuras, 1974), а для умов північно-східного Лісостепу України ми визначили, що оптимальний строк сівби – I декада серпня, а садіння сіянки – I декада вересня. В Дагестані для отримання товарних цибулин сівбу насіння проводять з другої половини жовтня до першої половини грудня; а взимку висівають наприкінці січня–початку лютого (Муллаев, 1962). В умовах Середньої Азії при зміщенні строків сівби з липня до жовтня при переході від літніх липневих посівів до осінніх жовтневих, у місцевих сортів цибулі ріпчастої відбувалося зниження стрілкування і зростання частки рослин, які формували великі товарні цибулини (Tippel & Novikov, 1983; Erenburg, 1980). В Середній Азії оптимальний строк садіння сіянки – серпень, за умови озимого вирощування. Зимують рослини у фазі 4–5 справжніх листків.

Спосіб вирощування має вплив на біохімічний склад цибулин. В умовах Молдови в цибулинах, отриманих за вирощування в озимих посівах, вміст сухої речовини поступається продукції отриманої за традиційної системи вирощування на 1,36 %, а суми цукрів – 0,47 % (Patienco, 1983). Протилежний результат отримано в умовах Кіровоград-Казахської зони,

що, ймовірно, пов'язано з сортовими особливостями дослідних сортів та тривалістю періоду вегетації рослини цибулі. У наших дослідженнях вміст цукрів та сухої речовини в отриманій продукції не відрізнявся від їх вмісту у цибулинах, вирощених традиційним способом.

Вище вказані дослідження проводилися із сортами цибулі ріпчастої довгого дня. Вирощування таких сортів в озимій культурі дає можливість отримання більш ранньої продукції цибулі-ріпки, але не вирішує проблеми дефіциту в пізньовесняний-ранньолітній періоді. Тому у 80-ті роки ХХ ст. почався другий етап наукових розробок, пов'язаний з вивченням короткоденних зразків цибулі з Індії, Африки, Куби, Японії та розробкою технології їх вирощування. У європейських країнах із м'якими умовами зимового періоду (Англія, Франція, Італія) озимі посіви сортів короткоденного екотипу широко використовуються для отримання надранньої продукції (Felchinski, 2005; Anon, 1986; Pike et al., 1988; Gill & Waister, 1983; Brewster, 1977).

У Великобританії за підзимової сівби цибулі її урожайність досягає 42 т/га, у господарствах Польщі та Румунії – 40 т/га (Popandron & Petrosu, 2005). Зокрема у Польщі озиму цибулю вирощують масово (Corgan & Izquierdo, 1979). В умовах західної Європи підзимно сівбу сортів японської селекції проводять в середині серпня з нормою висіву 4,5 кг/га, густоту рослин формують на рівні – 60–80 шт./м² (Eichin & Deiser, 1985). У Німеччині робота з короткоденними сортами цибулі ведеться в напрямку створення сортів, які б використовувалися для вирощування пера та ріпки. З метою отримання зелені сівбу проводять до 20 серпня, з шириною міжрядь 30 см. За таких умов врожай досягає до 10–15 травня (Hentschel, 1988). На півночі Німеччини, де ймовірність загибелі рослин дуже висока, норму висіву збільшують до 8 кг/га (Salter, 1978). Досвід виробництва цибулі у Нідерландах свідчить, що найбільш вирівняні за розміром цибулини одержують на посівах з густотою рослин 90 шт./м². Наш досвід показав, що більш однакові за розміром цибулини можна отримати, якщо рослини розміщені з густотою 70–75 шт./м². В умовах Данії розроблена технологія підзимного вирощування сорту Престо з сіянки, що забезпечує збирання врожаю зелені в середині червня, а ріпки – на початку липня (Cantliffe, 1980). В Угорщині та Норвегії цибуля пізньолітнього садіння дає продукцію з кінця травня (Tuza & Feher, 1984; Jamashita et al., 1986). На південному сході Франції ранні сорти цибулі висівають восени і збирають у червні, сівбу проводять на легких ґрунтах (Kato, 1966). А. М. Cornez вважає, що для провінції Валенсія в озимій культурі краще використовувати японські сорти та гібриди, які менше стрілюються та сівбу їх проводить в кінці серпня – на початку вересня (Cornez, 1988). Короткоденні сорти використовують для вирощування і у південній півкулі. В Австралії основна культура цибулі ріпчастої ведеться сівбою в липні – вересні, при цьому використовується сорт Кеер well японської селекції, збирають врожай з початку січня по березень місяця. За даними Угорських дослідників краще зберігаються більш розвинені рослини цибулі раннього строку сівби, в яких діаметр стебла складає 6–8 мм. При цьому врожайність місцевих сортів значною мірою залежала від зимостійкості (Salter, 1976). Як вважає К. Henriksen, рослини із сіянки короткоденних сортів більш стійкі до суворих умов зимового періоду – їх збереженість становила 70–100 %, тоді як за сівби насінням даний показник був значно

нижчим – 40–70 % (Henriksen, 1985). Низкою досліджень, проведених в Японії, було встановлено, що оптимальний строк садіння сіянки короткоденних сортів цибулі – кінець серпня–початок вересня. Зі збільшенням розміру сіянки зростає середня маса цибулини та урожайність (Salter & James, 1977).

Зимостійкість рослин також залежить і від сортових особливостей. При проведенні порівняльної оцінки 16 короткоденних сортів озимої цибулі в умовах Великобританії було встановлено, що найбільш зимостійкими виявились сорти: Кіп Вел (75 %), Тропік Ейс (70 %), Драгон Ейс (66 %) (Smittle, 1984). В Шотландії при вивченні зимостійкості цибулі ранньостиглих сортів японської селекції було встановлено, що найбільшою збереженістю посівів протягом осінньо-зимового періоду характеризувались сорти Тропік Енте (57 %), Кіп Уел (60 %) (Hajsin, 2008). В досліджах G. Borthes и В. Opsahl встановлено, що зимостійкість цибулі підвищувалась при закалюванні рослин, яке проходило у віці 6–12 тижнів за температури + 1 С, процес супроводжувався значним збільшенням вмісту цукрів. Збереженню рослин під час перезимівлі і збільшенню врожайності сприяло внесення гіпсу, при цьому підвищувалась гострота смаку цибулин (Borthes & Opsahl, 1983).

При осінніх посівах чи садінні цибулі у південних районах, коли рослини восени формують кілька справжніх листків, значна їх кількість стрілкується. Стрілкування відбувається у наслідок стадійних змін під час осінньо-зимово-весняного періоду саме в цей час помірні низькі температури сприяють проходженню стадійних змін. Оптимальною температурою для стрілкування цибулі за даними В. Steep є 4,7–7,3 С. Автор зазначає, що на стрілкування озимих сортів впливають сортові особливості і розмір садивного матеріалу. При підземних посівах короткоденних сортів цибулі ріпчастої у південних районах штату Нью-Мексико до 50 % рослин стрілюються. Для запобігання цього явища використовували препарат Етефон на сортах Йеллоу грано 502 та Уайт Гранекс. Застосування препарату значно знизило стрілкування, але пригнічувало ріст рослин, привозило до зменшення середньої маси цибулини і врожайності. У США великою популярністю користується сорт цибулі ріпчастої Texas Grano 1015j, в Чехії – вітчизняний сорт № 376 R, який характеризується листками ніжного смаку, у Мексиці – сорт Гелінікс, який є стійким до стрілкування.

В результаті наукових досліджень, які були проведені в Угорщині, при порівняльній оцінці 14 озимих сортів цибулі японської та голандської селекції та 2 вітчизняних було встановлено, що найбільш врожайними виявились: гібрид експрес Йеллоу (Японія, врожайність 45 т/га), сорти Senchyu Yellow, Senchyu Yellow Globe (Stuchlikova, 1984). Серед досліджуваних нами більш врожайним виявився сорт Ткаченківська (17,1 т/га) та гібрид Вольф F₁ (19,4 т/га), хоча сорт Ткаченківська призначений для вирощування в ярій культурі, ми довели можливість його вирощування і в озимій культурі.

В більшості країн, де культивують озиму цибулю, її виробляють для отримання пучкової продукції та реалізації на зелене перо. Але її можна виростити і до повноцінної ріпки, якщо проводити збирання після досягнення технологічної стиглості. Нині до державного реєстру занесено 130 сортів і гібридів цибулі ріпчастої як вітчизняної, так і зарубіжної селекції. Серед них є сорти та гібриди короткого дня.

Для озимого виробництва цибулі призначені гібриди короткого або середнього дня, до яких належать – Вольф F₁,

Мундіаль F₁, Радар F₁, Імаго F₁, Ібіс F₁ та інші (Prokopenko, 2013). Враховуючи високу вартість насіння цих гібридів, доцільним використовувати вітчизняні ранньостиглі сорти.

Для успішного вирощування озимої цибулі важливим є питання визначення оптимального строку сівби. У науковій літературі на даному етапі трапляється невелика кількість публікацій щодо строків сівби насіння і садіння сіянки озимої цибулі, з метою отримання врожаю в кінці червня–на початку липня. Згідно науково-методичних рекомендацій оптимальним строком сівби насіння у Лісостепу України для сортів довгого світлового дня є I декада серпня, а для короткоденних – II декада серпня. Деякі з них стверджують, що товарні цибулини можна отримати також наприкінці травня.

У своїх працях З. Д. Сич вказує на те, що для озимих посівів цибулі підходять майже всі аргокліматичні зони України, крім Полісся, оскільки існує ризик вимокання рослин під час осінніх дощів. За його рекомендаціями кращими сортами для вирощування в озимій культурі є Альгіз, Амфора, Мавка, Рубін і Славний, гібрид Вольф F₁. Строк сівби насіння для отримання «цибулі-підсніжника» – липень–серпень (Such, 2007).

Висновки. Використання біологізованої системи удобрення (Біодеструктор 1 л/га + N₆₀P₆₀K₆₀ + Емістим С 10 мл/кг), сприяє прискоренню появи сходів цибулі ріпчастої за вирощування з насіння на 1–3 доби, у подальшому спостерігається прискорений розвиток рослин, фази росту і розвитку рослин та дозрівання врожаю настають на 1–5 днів раніше. Восени за внесення N₈₂P₇₅K₁₁₀ спостерігався найвищий вміст нітратного азоту – 39,7–49,7 мг/кг, рухомого фосфору – 161–163 мг/кг та обмінного калію – 170–176 мг/кг. У фазу найбільшого споживання елементів живлення (формування цибулини) найоптимальніший поживний режим ґрунту формується на посівах цибулі ріпчастої озимої за використання розрахункової та біологізованої системи удобрення. Збільшення вмісту нітратного азоту відносно еталону складає 10–26 %, рухомого фосфору – 7,4–9,5 %, обмінного калію – 5,5–8,2 %. Ефективним засобом підвищення зимостійкості рослин цибулі є використання куліс з гірчиці. За їх застосування зимостійкість рослин відносно контролю (без куліс) підвищується на 12,6–16,5 % та складає у сорту Ткаченківська 79,1–84,4 %, Маяк – 77,4–81,7 %, гібриду Вольф F₁ – 86,8–89,5 %. Максимальну товарну урожайність за вирощування цибулі ріпчастої з насіння забезпечує сівба у I декаді серпня по фоні внесення розрахункової дози добрив N₈₂P₇₅K₁₁₀ для сорту Ткаченківська вона складає 17,1 т/га, гібриду Вольф F₁ 19,4 т/га. За вирощування озимої цибулі з сіянки найвищу урожайність товарних цибулин забезпечує внесення в розкид N₈₂P₇₅K₁₁₀, оптимальним строком садіння сіянки сортів Ткаченківська та Маяк є III декада серпня, що забезпечує товарну врожайність цибулин на рівні 17,2 та 14,1 т/га. Товарну врожайність цибулин гібриду Вольф F₁ на рівні 19,6 т/га забезпечує садіння сіянки у I декаді вересня.

Вміст нітратів у продукції не перевищував максимально допустимого рівня (МДР – 90 мг/кг) і залежно від досліджуваних елементів технології вирощування був на рівні 42–76 мг/кг. За використання біологізованої системи удобрення (Біодеструктор + N₆₀P₆₀K₆₀ + Емістим С) відмічається зниження вмісту нітратів відносно еталону (N₆₀P₆₀K₆₀) у сорту Ткаченківський на 10,7–18 %, сорту Маяк на 9,6–17,0 %, гібриду Вольф F₁ – 12,9–18,3 %. Найбільший вміст сухої речовини спостерігався за сівби рослин цибулі сорту Ткаченківська у III декаді серпня по фоні

Бібліографічні посилання:

1. Jongtae, Lee; Jin-Seong, Moon; Juyeon, Kim; Gwi-Ok, Park; Jin-Hyeuk, Kwon; In-Jong, Ha; Young-Seok, Kwon & Young-Ho, Chang (2020). Evaluation of onion cultivars as affected by bulb maturity and bulb characteristics of intermediate-day yellow onions in South Korea. *Horticultural Science and Biotechnology*, 95, 645–660. doi: 10.1080/14620316.2020.1742586
2. D. Thirusendura, Selvi & Saraswathy, S. (2017). Seed viability, seed deterioration and seed quality improvements in stored onion seeds: a review. *Horticultural Science and Biotechnology*, 93, 1–7. doi: 10.1080/14620316.2017.1343103.
3. Arslan, Hakan, Sait Kiremit, Mehmet & Güngör, Alper (2018). Impacts of different water salinity levels on salt tolerance, water use, yield, and growth of chives (*Allium schoenoprasum*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49, 2614–2625. doi: 10.1080/00103624.2018.1526949
4. JR, Qasem (2015). Chemical control of weeds in onion (*Allium cepa* L.). *Horticultural Science and Biotechnology*, 80, 721–726. doi: 10.1080/14620316.2005.11512005
5. Fukuda, Machiko; Yanai, Yosuke; Nakano, Yuka & Higashide, Tadahisa (2017). Differences in vernalisation responses in onion cultivars. *Horticultural Science and Biotechnology*, 93, 316–322. doi: 10.1080/14620316.2017.1372111
6. Dowker, B. D. & Mead, R. (2015). Yield comparisons in onion variety trials. *Horticultural Science and Biotechnology*, 44, 155–162. doi: 10.1080/00221589.1969.11514303
7. Mallor, C. & Thomas, B. (2015). Resource allocation and the origin of flavour precursors in onion bulbs. *Horticultural Science and Biotechnology*, 83, 191–198. doi: 10.1080/14620316.2008.11512369
8. Brewster, J. L. (2015). Analysis of the Growth and Yield of Overwintered Onions. *Horticultural Science and Biotechnology*, 52, 335–346. doi: 10.1080/00221589.1977.11514761
9. Hussien, J. Yasin & Bufler, Gebhard (2015). Dormancy and sprouting in onion bulbs. II. Changes in sulphur metabolism. *Horticultural Science and Biotechnology*, 82, 97–103. doi: 10.1080/14620316.2007.11512204
10. Dowker, B. D., Currah, L., Horobin, J. F., Jackson, J. C., & Faulkner, G. J. (2015). Seed production of an F₁ hybrid onion in polyethylene tunnels. *Horticultural Science and Biotechnology*, 60, 251–256. doi: 10.1080/14620316.1985.11515625
11. Kuty, M. Sangeeta, Gowda, R. Veere & Anand, Lalitha. (2015). Analysis of genetic diversity among Indian short-day onion (*Allium cepa* L.) cultivars using RAPD markers. *Horticultural Science and Biotechnology*, 81, 774–778. doi: 10.1080/14620316.2006.11512136
12. Miedema, P. (2015). Bulb dormancy in onion. I. The effects of temperature and cultivar on sprouting and rooting. *Horticultural Science and Biotechnology*, 69, 29–39. doi: 10.1080/14620316.1994.11515245
13. Ansari, Naser Alemzadeh. (2007). Effect of Density, Cultivars and Sowing Date on Onion Sets Production. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6, 1147–1150. doi:10.3923/ajps.2007.1147.1150
14. Aboukhadrh, H., Hameed El-Alsayed, Abdul Wahed Abdul, Sobhy, Labib, & Abdelmasieh, William. (2017). Response of Onion Yield and Quality To Different Planting Date, Methods and Density. *Egyptian Journal of Agronomy*, 39, 203–219. doi: 10.21608/agro.2017.1203.1065
15. Yanchuk, A. (2014). Novi tehnologiyi viroshuvannya cibuli [New technologies for growing onions]. [Electronic resource]. Access mode: <http://chippolino.com.ua> (in Ukrainian).
16. Yanchuk, A. (2015). Sovremennye tehnologi vyrashivaniya luka na Yuge Ukrainy [Modern technologies of onion growing in the South of Ukraine]. *Ovoshevodstvo*, 3, 26–28 (in Russian).
17. Solov'ev, P. F. (1954). O podzimnem poseve luka [On the winter sowing of onions. Scientific work of the Ukrainian Research Institute of Vegetable Growing]. *Nauchnyj trud Ukrainskogo NII ovoshevodstva*. Kiev, 3, 18–20 (in Russian).
18. Steep, B. (1980). The role of night temperature in the bulbing of onion (*Allium cepa* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 31, 519–523.
19. Bakuras, N. S. (1974). Kultura luka v Uzbekistane [Onion culture in Uzbekistan]. Fan, Tashkent, 136 (in Russian).
20. Mullaev, T. (1962). Podzimnie posevy ovoshej [Winter crops of vegetables]. Knizh. izd-vo. Makhachkala. Dagestan. Books. Mahachkala. Dagestan (in Russian).
21. Trippel, V. V., & Novikov, S. D. (1983). Pravilno sochetat sorta luka razlichnyh srokov poseva i skorospelosti. [Correctly combine onion varieties of different sowing dates and precocity]. *Selskoe hoz-vo, Tadzhikistana*, 4, 36–39 (in Russian).
22. Erenburg, P. M. (1980) Repchatyj luk v Kazahstane. Alma-Ata. Kajnar [Onions in Kazakhstan]. Kainar, Alma-Ata (in Russian).
23. Patienko, P. (1983). Podzimnie i ranne - vesennie sroki poseva luka repchatogo [Winter and early - spring sowing of onions]. *Selskoe hozjajstvo Moldavii*, 5, 12–13 (in Russian).
24. Felchinski, K. (2005). Vyrashivanie ozimogo luka [Growing winter onions]. *Ovoshevodstvo*, 9, 42–43 (in Russian).
25. Anon (1986). Geminis, nueva variedad de cebolla. *Agro-Sintesis*, 17, 38–39.
26. Pike, L. M., Andersen, C. R., & Horn, R. S. (1988). Texas Grano 1015j. A mild pungency, sweet, onion. *Hort Science*, 1, 34–35.
27. Gill, P., & Waister, P. (1983). Winter hardiness in autumn-sown onions. *Crop Research*, 23(1), 17–31.
28. Brewster, J. (1977). Analysis of the growth and yield of overwintered onions. *Horticulture Science*, 52(2), 335–346.

29. Popandron, N., & Petrosu, M. (2005). Tehnologija de cultivare a cepei cu trecere peste iarna, in-trodusa resept in productia legumicola din Romania. *Horticulture*, 7, 15–16.
30. Viroshuvannya ozimoyi cibuli [Growing winter onions] (2011). [Electronic resource]. Access mode: URL: www.web-fermerstvo.org.ua
31. Corgan, J., & Izquierdo, J. (1979) Bolting control by ethephon in fallplanted, short-day onions. *American Society for Horticultural Science*, 104, 387–388.
32. Eichin, R., & Deiser, E. (1985). Winterzwiebel. *Gemuse*, 21, 390–394.
33. Hentschel, G. (1988). Entwicklungen beim Anbau von Winterzwiebeln G. *Gartenbau*, 46, 22–23.
34. Salter, P. J. (1978). Overwintering onions. *The garden*, 103(7), 285–287.
35. Cantliffe, D. (1980). Induction of bulbing in onion by ethephon. *Paroc Florida State Horbic Society*, 220–224.
36. Tuza, S., & Feher, A. (1984). Vissza a kisuzembe. *Kerteszet es szoles-zet.*, 33, 4–5.
37. Jamashita, F., Moriwaki, K., Takase, N. (1986) Studies on the onion set culture. *Research bulletin of the Aichi agricultural research center*. 18. 128–135.
38. Kato, T. (1966). Physiological studies on the bulbing and dormancy of onion, effects of some environmental factors and chemicals on the dormancy process of bulb. *Nortic Science*, 35(1), 49–56.
39. Cornez, A. M (1988) Subida prematura a flor en la cebolla. *Agrij Vergel*, 7, 76.
40. Salter, P. J. (1976). Comparative studies of different production systems for early crops of bulb onion. *Retic. sciences*. 51(3), 329–339.
41. Henriksen, K. (1985). Overvintrende kepalog. *Dansk Logavlän*, 31, 18–21.
42. Salter P. J., & James, J. M. (1977). The performance of Japanese and European cultivars of onion from autumn sowing for early production. *National Institute of Agronomy and Botany*, 13, 367–369.
43. Smittle, D. A. (1984). Responses of onions to sulfur and nitrogen fertilization. *Georgia agro expert state annual report Athens*, 8, 1–10.
44. Hajsin, M. F. (2008). Tehnologiya vyrashivaniya i hraneniya repchatogo luka [Onion cultivation and storage technology]. *Nikolaev*, 64 (in Russian).
45. Borthes, G., & Opsahl, B. (1983). Winter survival, freezing tolerance and hardening in young plants of onion. *Meld Norges Land-brukshogs kole*, 7, 1–17.
46. Stuchlikova, E. (1984). O novych a nevyuz – namneysich odrudach zeieniny cibile [About new and unused – onion seed varieties]. *Zahradnictvo*, 191, 309–311.
47. Prokopenko, L. (2013). Ozyrna tsybulya – chudova al'ternatyva [Winter onions are a great alternative]. *Sel'skaya zhyzn'*. 26, 22 (in Russian).
48. Sych, Z. (2007). Podzimnie i zimnie posevy – dopolnitelnyj put polucheniya rannih ovoshej [Winter and winter crops are an additional way to get early vegetables]. *Ovoshevodstvo*, 11, 26–29 (in Russian).

Novikova A. V., PhD (Agricultural Sciences), Assistant, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

SUBSTANTIATION BASIC ELEMENTS BY GROWING ONIONS TECHNOLOGY IN THE WINTER WAY FOR THE CONDITIONS NORTH-EAST FOREST-STEPPE OF UKRAINE

For the first time the elements of onion growing technique during winter sowing in northeastern forest-steppe Ukraine for both long day and short-day plants grown from seeds and seedlings are theoretically substantiated. Main elements of common onion plants vegetation during winter sowing are indicated.

The results of the growth and development of onion plants research considering investigated factors show that the use of a biologized fertilizer system (1 liter per hectare of stubble field Biodestructor + N₆₀P₆₀K₆₀ + 10 ml/kg Emistim C) ensures the acceleration of onion plants sprouting for 1–3 days. During autumn period at the last phases of vegetation Tkachenkivska and Mayak cultivars of common onion as well as Wolf F₁ hybrid formed 3.8–2.3 plants. Plants sowed during the 3rd ten – day period of July and in the first ten days of August proved to be more developed. They were grown with application of calculated and biologized fertilizer systems. Researched factors also had an effect on the winter-resistance of the plants. The largest percentage of plants that over-wintered (both for two cultivars and the hybrid) were observed among those with the planting date in the first ten-days period of August with the application of calculated and biologized fertilizer systems. For Tkachenkivska and Mayak cultivars it was 70–71 %, for Wolf F₁ hybrid – 81 %.

In case of seedling cultivation, the highest winter-resistance level was observed among plants with the sowing date in the first ten-day period of September. For both cultivars in question it was 78–79 % and 88 % for the hybrid. The highest winter-resistance level was observed in cases of calculated and biologized fertilizer systems application. This is due to the improvement of phosphorus-potassium content that has increased sugar content in plants. The increase of Emistim C content accelerated plants' resistance to adverse conditions. While determining the commercial yield of seed-grown common onion it was observed that the most effective sowing dates for both cultivars and the hybrid were the 1st and 2nd ten-day periods of August in cases of calculated and biologized fertilizer systems application. In terms of quality gathered bulb crop was in conformity with the requirements of the regulatory documents in effect. Nitrates content ranged from 45 to 80 mg / kg and did not exceed the maximum permitted level.

Key words: onion, method sowing, sowing (planting) date, fertilizer system, coulisse planting.

Дата надходження до редакції: 15.01.2020 р.

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ НОВИХ СОРТІВ КОНОПЕЛЬ ПОСІВНИХ (*CANNABIS SATIVA L.*) ДО ПОШКОДЖЕНЬ ОСНОВНИМИ КОМАХАМИ-ФІТОФАГАМИ У ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Півторайко Віктор Володимирович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-0179-8646

pivtoraiko@gmail.com

Кабанець Віталій Вікторович

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН України, с. Сад, Сумська область, Україна

ORCID: 0000-0002-6179-9157

v.kabanets1987@gmail.com

Визначення ризиків, які супроводжуються високим ступенем пошкоджуваності нових сортів конопель посівних є актуальним для забезпечення ефективного контролю фітофагів на всіх етапах вирощування культури. Мета дослідження – вивчення біологічної стійкості нових сортів конопель посівних до основних комах-фітофагів у північно-східному Лісо-степу України.

Дослідження проводились у 2019–2020 роках на природному фоні заселення рослин конопель комахами-шкідниками згідно загальноприйнятих в ентомології методик у польових умовах науково-експериментальної бази Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України, що знаходиться у північно-східному Лісо-степу України. Матеріалом для проведення досліджень були нові сорти конопель посівних української селекції – Глесія, Глоба, Лара та Сула, які порівнювали із сортом-стандартом Гляна. Погодні умови у роки досліджень значно відрізнялись між собою. Так, вегетаційний період 2019 року характеризувався екстремальним дефіцитом опадів на фоні підвищених температур, що сприяло формуванню високої щільності популяції основних комах-шкідників на ділянках досліджень та значному пошкодженню рослин конопель упродовж усього періоду вегетації. 2020 рік відзначався підвищеними температурами із помірним зволоженням. Сильні опади, що перевищували в 1,7 разів середньобагаторічну норму та нижча на 2,0 °С середньодобова температура у травні стримували вихід комах-фітофагів з місць зимівлі, що відобразилось на меншому пошкодженні кормових рослин на початкових етапах органогенезу.

Встановлено, що в умовах північно-східного Лісо-степу України у 2019–2020 рр. основними видами комах-шкідників на конопляному полі були: білшка конопляна (*Psylliodes attenuata* Koch, 1803) – 71,5 % від загальної чисельності фітофагів у травостой, горбатка соняшникова (*Mordellistena parvula* Gyllenhal, 1827) – 3,20 %, попелиця листкова бурякова (*Aphis fabae* Scopoli, 1763) – 0,75 %, та метелик стебловий (*Ostrinia nubilalis* Hübner, 1796) – 0,06 % відповідно. Досліджено, що сортові особливості конопель посівних мають вплив на рівень пошкодженості домінуючими комахами-фітофагами. Так, рослини сорту Глоба істотно менше пошкоджувались жуками конопляної білшки – *P. attenuata* (Koch, 1803) і відрізнялись найвищим рівнем стійкості до інших основних фітофагів. Найбільшу ж пошкодженість і заселеність рослин конопель посівних домінуючими фітофагами відмічено на пізньостиглому сорті – Лара і дещо меншу на сорті – Сула. Отримані результати досліджень будуть використані при розробці сучасної еколого-орієнтованої системи захисту конопель посівних та пошуку механізмів стійкості до комах-шкідників у подальшому селекційному процесі.

Ключові слова: коноплі посівні, сучасні сорти, білшка конопляна, горбатка соняшникова, попелиця листкова бурякова, метелик стебловий, пошкоджуваність, заселеність.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.8>

Вступ. На сучасному етапі світового розвитку коноплярство є стратегічною галуззю суспільства (Marchenko, 2015; Carus, 2017), яка з кожним роком набирає все більшої актуальності. Це супроводжується розширенням географічних районів вирощування та збільшенням посівних площ промислових конопель, а також обсягів виробництва конопеле-сировини. Відзначається активізацією наукових установ, що займаються селекцією та насінництвом, упровадженням нових удосконалених екологізованих технологій виробництва й переробки коноплепродукції для технічно-промислових, текстильних, біоенергетичних, харчових, оздоровчих, фармацевтичних, парфумерно-косметичних та інших напрямів задоволення різних потреб людства (Kabanec' et al., 2012; Рrуmаkov, 2013; Pushkar & Semak, 2014).

Провідними виробниками конопель на планеті є Ки-

тай, Чилі, Європа, Північна Корея, Канада, Франція, Росія. Також цю рослину культивують в Італії, Сербії, Чорногорії, Польщі, Литовській республіці, Угорщині, Білорусії, Індії, Ірані, Туреччині та інших країнах. На території Великобританії, Данії, Чехії, Словенії, Словаччини, Латвії, Естонії, Португалії коноплі посівні займають незначні площі (Marchenko, 2015).

В Україні ж останнім часом коноплі вирощують близько 30 господарств, зокрема – у Вінницькій, Волинській, Закарпатській, Київській, Донецькій, Житомирській, Кіровоградській, Львівській, Полтавській, Рівненській, Сумській, Харківській і Хмельницькій областях. Так, у 2016 році посівні площі промислових конопель на території нашої держави були на рівні 3,5 тис. га, у 2018 – 1,3 тис. га, у 2019 році – у межах 1,5 тис. га. У 2020 році площа, зайнята під посівом конопель,

сягає близько 3,0 тис. га. Варто також відмітити, що останніми роками за рахунок упровадження у виробництво сучасних технологій вирощування культури спостерігається тенденція стабільного підвищення середньої врожайності насіння до 7,7 ц/га та волокна до 9 ц/га (Korenivska, 2019). Однак, генетичний потенціал конопель за продуктивністю розкривається далеко не повністю, одним із факторів втрати якої є комах-шкідники.

За літературними даними рослини конопель пошкоджує велика кількість як багатодітних, так і спеціалізованих комах-фітофагів (Mostafa & Messenger, 1972; Lago & Stanford, 1989; McPartland, 1996; McPartland et al., 2000; Shilenkov & Tolstonogova, 2006; Vakro et al., 2018; Cranshaw et al., 2019). Основними багатодітними шкідниками в умовах України є: личинки коваликів та чорнишів (*Coleoptera: Elateridae, Tenebrionidae*), личинки пластинчастовусих (*Coleoptera: Scarabaeidae*), довгоносики (*Coleoptera: Curculionidae*), жуки-горбатки (*Coleoptera: Mordellidae*), жуки-листкоїди (*Coleoptera: Chrysomelidae*), клопи (*Hemiptera: Miridae, Pentatomidae*), гусениці підгризаючих та листогризучих совок (*Lepidoptera: Noctuidae, Nymphalidae, Pyralidae*), личинки паросткових мух (*Diptera: Agromyzidae*), прямокрилі фітофаги (*Orthoptera: Acrididae, Tettigoniidae*), попелиці (*Hymenoptera: Aphidiidae*) та інші. Основними ж спеціалізованими шкідниками є: конопляна блішка – *Psylliodes attenuata* (Koch, 1803) (*Coleoptera: Chrysomelidae*), конопляна попелиця – *Phorodon cannabis* (Passerini, 1860) (*Hymenoptera: Aphidiidae*), конопляна горбатка (шипоноска) – *Mordellistena micans*

(Germar, 1817) (*Coleoptera: Mordellidae*) та конопляна листовійка – *Grapholita delineaana* (Walker, 1863) (*Lepidoptera: Tortricidae*). За високого рівня екологічної пластичності комах-фітофаги є важливим біотичним фактором зниження продуктивності й товарної якості продукції культури. Втрати врожаю коноплепродукції у середньому складають 15–20 %, а в окремі роки – 35 % і більше (Kabanec', 2011, 2013; Kabanec' & Fedorenko, 2014; Fedorenko et al., 2016; Pivtoraiko et al., 2020).

В наш час пріоритетними напрямками селекції конопель є: стабілізація однодомності; підвищення насінневої продуктивності й олійності насіння; збільшення волокнистості та біомаси рослин; зниження або повна відсутність тетрагідроканнабінолу (ТГК) і підвищений уміст каннабідіолу (КБД). Але поряд з цим спостерігаємо тривожну тенденцію щодо стійкості нових сортопопуляцій до комплексу несприятливих факторів і особливо – комах-фітофагів.

Нині селекцією конопель посівних в Україні займаються два селекційних центри – Інститут луб'яних культур НААН України – далі ІЛК НААН (м. Глухів, Сумська область) та ТОВ «Інститут органічного землеробства» (м. Глобине, Полтавська область). Наразі сучасний сортимент налічує тринадцять генотипів конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) занесених до «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні» (Kyryuchenko et al., 1998; Vyrovac' et al., 2001, 2007, 2012; Kabanec' & Kabanec', 2016; Sova et al., 2019; Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnyh dlja poshyrennja v Ukraïni, 2020) (табл. 1).

Таблиця 1

Сорти конопель посівних (*Cannabis sativa* L.), що занесені до «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік»

Сорт	Заявник	Рік реєстрації	Вміст ТГК, %	Напрями використання	Урожайність насіння, т/га
ЮСО-31	ІЛК НААН	1987	0,05	Волокнистий і насінневий	0,92–1,08
Золотоніські 15	ІЛК НААН	1998	0,00	Волокнистий та біоенергетичний	0,75–0,8
Гляна	ІЛК НААН	2007	0,00	Універсальний	1,2–1,5
Вікторія	ІЛК НААН	2011	0,00	Універсальний	1,3–1,6
Ніка	ІЛК НААН	2012	0,00	Волокнистий	0,7–0,8
Глесія	ІЛК НААН	2016	0,00	Насінневий	2,0–2,2
Глухівські 51	ІЛК НААН	2017	0,00	Волокнистий	0,9–1,05
Глоба	ТОВ «Інститут органічного землеробства»	2018	< 0,08	Універсальний	0,56
Лара	ТОВ «Інститут органічного землеробства»	2018	< 0,08	Універсальний	0,53
Сула	ТОВ «Інститут органічного землеробства»	2018	< 0,08	Універсальний	0,52
Глухівські 85	ІЛК НААН	2019	0,00	Волокнистий та біоенергетичний	0,8–0,9
Миколайчик	ІЛК НААН	2019	0,001	Насінневий	1,4–1,6
Мрія	ТОВ "АВЕКОНА", ФГ «Кравець О.П.»	2019	< 0,08	Універсальний	–

Однак сучасні сорти не оцінені на чутливість як до комплексу, так і до окремих видів комах-фітофагів. У зв'язку з цим, нами проведена оцінка заселеності та пошкодженості нових однодомних ненаркотичних сортів *C. sativa* основними комахами-фітофагами у північно-східному Лісостепу України. Визначення ризиків, які супроводжуються високим ступенем пошкодженості нових сортів конопель посівних, наразі, є актуальним для забезпечення ефективного контролю фітофагів на всіх етапах вирощування культури. У науковій літературі відмічаються окремі згадки щодо стійкості рослин конопель до комах-шкідників. Доведено, що конопляною блішкою (*P. attenuata*) слабніше пошкоджуються угорські та китайські сорти, меншою мірою – японські. Причиною меншої пошкодженості цих сортів конопель є більше опушення листків.

За даними дослідників істотної різниці щодо пошкодженості фітофагом середньоросійських сортів конопель не виявлено (Dmytryev, 1935). Також є повідомлення про вплив на комах-фітофагів ароматичних речовин, які продукують рослини *C. sativa*, що володіють пестицидними властивостями. Терпени – лімонен та деякі пінени, які присутні у коноплях, складають понад 75 % летких речовин, виявлених в атмосфері, що є потужними репелентами шкідливих комах. Метилкетони також характеризуються репелентними властивостями, відлякуючи багатьох листогризучих комах-шкідників. Так, J. M. McPartland припускає, що синергічна комбінація цих та багатьох інших сполук може бути «активним інгредієнтом» у більш стійких сортах конопель (McPartland, 1997). Як свід-

чать останні дослідження в Україні, серед сучасних сортів конопель посівних української селекції (Гляна, Глесія, Вікторія, Глухівські 51, Золотоніські 15) найменш пошкоджуються конопляною блішкою Гляна і Золотоніські 15. Найбільший коефіцієнт пошкодження листової поверхні фітофагом відмічений на сорті Вікторія. Сорти Глесія, Глухівські 51 суттєвої різниці між собою за рівнем пошкодження не мали. Щодо пошкоджуваності цих сортів конопель стебловим метеликом, то суттєвої різниці виявлено не було (Fedorenko et al., 2016).

Метою нашого дослідження є вивчення біологічної стійкості нових сортів конопель посівних до основних комах-фітофагів у північно-східному Лісостепу України.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження виконувалися упродовж 2019–2020 років у польових умовах науково-експериментальної бази Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України (Сумська область, Сумський район, с. Сад), що знаходиться у північно-східному Лісостепу України. Обліки, оцінки та фенологічні спостереження проводили згідно загальноприйнятих в ентомології методик на природному фоні заселення рослин конопель основними комахами-шкідниками (Levin et al., 1969; Omeljuta et al., 1986; Shapiro et al., 1986; Grigorenko, 1981; Strukova, 2009).

Матеріалом для проведення досліджень слугували нові сорти конопель посівних – Глесія, Глоба, Лара та Сула. При дослідженні для порівняння в якості стандарту використовували сорт Гляна. Попередник – просо. Сівбу здійснювали в оптимальні рекомендовані для зони строки сівалкою СН-16 з перекриттям відповідних сошників. Повторність чотирикратна. Розміщення варіантів рандомізоване. Норма висіву насіння складала 1,2 млн шт./га на двобічне використання. Площа дослідної ділянки 50 м² – п'ять рядків з міжряддям 0,45 м. Облікова площа 30,0 м² – три рядки з міжряддям 0,45 м. Дослідження виконувалися з використанням лабораторно-польових та математично-статистичних методів (Dospřehov, 1985).

Сорт Гляна (стандарт), одержано із сорту ЮСО-31 методом багаторазового родинно-групового добору в напрямі підвищення стабільності популяції за ознакою статі, високих показників насінневої та лубоволокнистої продуктивності, мінімального вмісту канабіноїдних сполук із застосуванням методу половинок. Висота рослин на кінець вегетаційного періоду 2,5 м. Тривалість періоду вегетації складає близько 120 днів. Рік реєстрації 2008. Оригіатор – ІЛК НААН.

Сорт Глесія, одержаний з рослин сорту Глера для підвищення насінневої продуктивності й олійності. Урожайність стебел складає 8,9 т/га, а насіння – 2,0 т/га. Висота рослин на кінець вегетаційного періоду складає 2,8 м. Тривалість періоду вегетації продовжується до 124 днів. Зареєстровано у 2016 році. Оригіатор – ІЛК НААН.

Сорт Глоба, створено із сортопопуляції Золотоніські 15 шляхом сімейно-групового добору на збільшення вмісту КБД, насінневої й волокнисто-стеблової продуктивності, підвищення сортової типовості, збереження вмісту ТГК нижче 0,08 %. Характеризується як середньостиглий, рослини за природною висотою від середніх до високих. Сорт придатний для посіву на зеленець – отримання соломи і волокна, та двобічне використання – отримання насіння й волокна. Суцвіття рослин використовуються у медицині й фармакології як рослинний матеріал з підвищеним вмістом КБД – 5 % та канабі-

геролу (КБГ) – до 4,0 %. Зареєстровано у 2018 році. Оригіатор – ТОВ «Інститут органічного землеробства».

Сорт Лара, створено методом сімейно-групового добору із сортопопуляції конопель Зоряна. Рослини південного типу з підвищеною продуктивністю стебел й вмістом волокна, якістю олії у насінні, відсутністю ТГК. Придатний для посіву як на зеленець, так і двобічне використання. Рік реєстрації – 2018. Оригіатор – ТОВ «Інститут органічного землеробства».

Сорт Сула, одержано шляхом сімейно-групового добору із сортопопуляції Золотоніська 28 у напрямі скорочення періоду вегетації, підвищення насінневої та лубоволокнистої продуктивності, стабілізацію ознаки однодомності та зниження вмісту ТГК. Придатний для вирощування на зеленець для отримання соломи і волокна й на двобічне використання. Рік реєстрації – 2018. Оригіатор – ТОВ «Інститут органічного землеробства».

Оцінку ступеня пошкодженості різних сортів конопляною блішкою проводили, починаючи від фази сім'ядолі-перша пара справжніх листків у рослин, оглядаючи листові поверхні 10 рослин кожного сорту в десяти місцях з повторення. Загальна проба складала 100 рослин. Ступінь пошкодженості визначали за п'ятибальною шкалою: 0 – рослини не пошкоджені; 1 – пошкодження слабке, на сім'ядолях не більше двох виразок, що становить до 25 % листової поверхні; 2 – середні, на сім'ядолях 3–4 виразки, пошкоджено від 26 до 50 %; 3 – великі, на сім'ядолях п'ять і більше виразок, 51–75 %; 4 – дуже сильні, понад 75 % листової поверхні, або повне знищення сім'ядолей і пошкодження точки росту.

Пошкодженість рослин промислових конопель внутрішньостебловими комахами-шкідниками оцінювали перед збиранням шляхом огляду й розтину підряд, по 100 стебел з повторення у рівновіддалених місцях по двох діагоналях ділянки. При цьому загальна проба складала 400 рослин кожного сорту. Аналіз пошкоджуваності фітофагами різних сортів проводили за наступною шкалою: 1 бал – незначне (1–2 отвори) пошкодження стебла без зламів; 2 бали – у стебла зламане суцвіття; 3 бали – стебло зламане нижче суцвіття (у середній частині); 4 бали – стебло зламане у нижній частині; 5 балів – рослина засохла у результаті пошкодження фітофагом.

Оцінку заселеності сортів листовою буряковою попелицею здійснювали, починаючи від моменту появи перших особин шкідника на рослинах конопель (фаза 9–10 пар справжніх листків). Ступінь заселеності фітофагом визначали оглядом на обліковій ділянці 200 рослин у пробах по 5 рослин, розміщених за схемою конверта: 50 – у прикорайовій смузі, 50 – по діагоналі, 50 – у протилежній крайовій смузі і 50 – по другій діагоналі. Оцінку проводили за п'ятибальною шкалою: 0 – рослини не заселені, попелиць немає; 1 – зустрічаються поодинокі особини; 2 – листки або стебло вкриті до 10 % попелицями; 3 – колоніями попелиць вкрито 11–50 % листків чи стебел; 4 – попелицями вкриті рослини майже суцільно, а також зів'ялі внаслідок їх пошкодження.

Ступінь пошкодження (заселення) рослин комахами-шкідниками визначали за формулою:

$$P_p = \frac{\sum P_n * 100}{\sum P_n}, \quad (1)$$

де P_p – ступінь пошкодження (заселення) рослин, %;
 $\sum P_n$ – кількість пошкоджених (заселених) рослин у

пробі, шт;

$\sum P_s$ – загальна кількість рослин у пробі, шт.

Середній бал пошкодження (заселення) розраховували за формулою:

$$C_b = \frac{\sum a * b}{P_n}, \quad (2)$$

де C_b – середній бал пошкодження (заселення);

$\sum a * b$ – сума добутків кількості рослин (а) на відповідний бал пошкодженості (заселеності) (b);

P_n – кількість пошкоджених (заселених) рослин у пробі, шт;

Коефіцієнт пошкодження (заселення) рослин фітофагами визначали за формулою:

$$K_n = \frac{P_p * C_b}{100}, \quad (3)$$

де K_n – коефіцієнт пошкодження (заселення) рослин;

P_p – ступінь пошкодження (заселення) рослин, %;

C_b – середній бал пошкодження (заселення).

Погодні умови у роки досліджень значно відрізнялись між собою, що дало змогу детальніше виявити реакцію кожного сорту. Так, вегетаційний період 2019 року характеризувався екстремальним дефіцитом опадів на фоні підвищених температур. Упродовж квітня-вересня середньодобова температура складала + 18,5 °С, що на 2,4 °С вище за середню багаторічну, на фоні випадання кількості опадів, меншої за норму на 157,2 мм або 45,7 %. Сума активних температур (CAT) > +10 °С становила 3252,9 °С, сума ефективних температур (СЕТ) > +10 °С знаходилась у межах 1642,9 °С. Гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) дорівнював показнику 0,57. Такі умови сприяли формуванню високої щільності основних комах-шкідників на ділянках досліджень та значному пошкодженню рослин конопель упродовж усього періоду вегетації.

2020 рік відзначався підвищеними температурами з

помірним зволоженням. Середня температура повітря за вегетаційний період була на рівні + 17,5 °С тепла, що на 1,4 °С вище за середню багаторічну. Опадів випало менше на 95,1 мм, або 27,6 % від середньобагаторічних показників. CAT > +10 °С була на рівні 2999,3 °С, СЕТ > +10 °С знаходилась у межах 1482,7 °С. ГТК відповідав показнику 0,83. Сильні опади, що перевищували в 1,7 разів середньобагаторічну норму, та нижча на 2,0 °С середньодобова температура за багаторічну упродовж травня стримували вихід фітофагів з місць зимівлі. Це відобразилось на незначному пошкодженні кормових рослин на початкових етапах органогенезу.

Результати. Проведення моніторингу фітосанітарного стану травостою конопляного агроценозу в умовах північно-східного Лісостепу України упродовж 2019–2020 років досліджень свідчать, що основними видами комах-шкідників є: блішка конопляна (*P. attenuata*) – 71,5 % від загальної чисельності фітофагів у травостої, горбатка соняшникова (*Mordellistena parvula* Gyll.) – 3,20 %, попелиця листкова бурякова – (*Aphis fabae* Scop.) – 0,75 %, та метелик стебловий – (*Ostrinia nubilalis* Hüb.) – 0,06 % відповідно.

У роки досліджень початок живлення зимуючого покоління конопляної блішки спостерігали у кінці квітня–першій декаді травня, що співпадало з фазою сім'ядолі–перша пара справжніх листків у рослин. Відкладання яєць відмічали упродовж III декади червня. Появу імаго молодого покоління шкідника фіксували у II декаді липня, яке характеризувалося високою прожерливістю та пошкоджувало листя по всій ролинці.

Так, максимальна чисельність та шкідливість конопляної блішки (*P. attenuata*) фіксувалась у 2019 році, коли зимуючим поколінням фітофага було пошкоджено 70–88 % рослин, молодими жуками – 74–100 % за коефіцієнта пошкодження листкової поверхні 0,95–1,64 та 0,74–2,63, відповідно. У 2020 році чисельність та шкідливість комахи була хоча й меншою, але досить відчутною.

Встановлено, що досліджувані сорти у різній мірі пошкоджувались конопляною блішкою порівняно, як із стандартом Гляна, так і між собою (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка ступеня пошкодженості нових сортів конопель посівних конопляною блішкою – *Psylliodes attenuata* Koch. (ІСГПС НААН, середнє за 2019–2020 рр.)

Сорт	Зимуюче покоління			Молоді жуки		
	Пошкоджено рослин, %	Середній бал	Коефіцієнт пошкодження	Пошкоджено рослин, %	Середній бал	Коефіцієнт пошкодження
Гляна (стандарт)	71,5	1,43	1,02	79,5	1,88	1,49
Глесія	74,0	1,47	1,09	84,0	1,97	1,65
Глоба	66,5	1,18	0,78	73,0	1,20	0,88
Лара	70,0	1,45	1,02	90,0	2,32	2,09
Сула	76,0	1,45	1,10	84,0	2,08	1,75
НІР ₀₅	5,625	0,131	0,114	5,502	0,123	0,176

Так, частка пошкоджених рослин зимуючим поколінням фітофага склала 66,5–76,0 %, середній бал коливався від 1,18 до 1,47 за коефіцієнта пошкодження 0,78–1,10. Досліджено, що сорт Глоба істотно менше пошкоджувався зимуючим поколінням конопляної блішки, порівняно зі стандартом Гляна. При цьому коефіцієнт пошкодження листкового апарату склав 0,78, що менше на 0,24 при НІР₀₅ = 0,114. Інші досліджувані сорти мали пошкодженість на рівні стандарту.

Шкодочинність молодих жуків у другій половині вегетації була також досить відчутною. Так, сорти Лара та Сула

мали найбільший рівень пошкодження і суттєво перевищували стандарт Гляна (коефіцієнт пошкодження на 0,60 та 0,26 вище при НІР₀₅ = 0,176, відповідно). Рослини сорту Глоба істотно менше пошкоджувалися молодими жуками шкідника, порівняно, як із стандартом, так і з іншими сортами. Коефіцієнт пошкодження листкового апарату склав 0,88, що нижче на 0,61, 0,77, 1,21, і 0,87 при НІР₀₅ – 0,176 за стандарт Гляна та сорти Глесія, Лара, Сула відповідно.

Оцінку заселеності різних сортів конопель посівних попелицею (*A. fabae* Scop.) здійснювали кожної декади від

моменту заселення рослин і упродовж усього періоду вегетації конопель. Початок заселення шкідником припадав на першу половину червня, що, як правило, співпадало з фазою інтенсивного росту і 9–10 пар справжніх листків конопель одночасно із заселенням бур'янистої рослинності (*Chenopodium album* L. та *Amaranthus* spp.). Фітофаг спочатку зустрічався тільки по краях ділянок, у подальшому, зі збільшенням щільності популяції, шкідник спостерігався і у середині посіву, але все одно кількість заселених рослин у крайових смугах була

більшою. Так, вищу заселеність шкідником відмічали у 2020 році, що залежно від сорту коливалась у межах 30,0–35,0 %.

Встановлено, що у середньому за 2019–2020 рр. було заселено фітофагом 18,8–21,0 % рослин за середнього балу 0,35–0,46 та коефіцієнта заселення в межах 0,073–0,097, що не призводило до значних втрат коноплепродукції (табл. 3).

Таблиця 3

Оцінка нових сортів конопель посівних за ознакою стійкості до попелиці листової бурякової – *A. fabae* (ІСГПС НААН України, середнє за 2019–2020 рр.)

Сорт	Заселено рослин, %	Середній бал	Коефіцієнт заселення
Гляна (стандарт)	18,8	0,39	0,073
Глесія	20,1	0,43	0,086
Глоба	17,6	0,35	0,062
Лара	21,0	0,46	0,097
Сула	19,0	0,39	0,074
НІР ₀₅	1,963	0,041	0,0163

Найвищу ж заселеність відмічали на сорті Лара – 0,097, що на 0,024 є більшою ніж на стандарті Гляна при НІР₀₅ – 0,0163. Суттєвої різниці за рівнем заселення інших досліджуваних сортів конопель посівних листовою буряковою попелицею не виявлено.

Оцінку стійкості рослин конопель посівних до пошкоджень стебловим метеликом – *O. nubilalis*. та соняшниковою горбаткою – *M. parvula*. визначали у період біологічної стиглості конопель посівних. У роки досліджень появу імаго соняшникової горбатки на ділянках фіксували, починаючи з кінця травня, а пік чисельності та яйцекладки фітофага відмічали у другій половині червня, коли рослини конопель перебували у фазі бутонізації. Відродження личинок першого віку спостерігали у кінці черня–першій половині липня.

В результаті проведених обліків виявлено, що відсоток пошкоджених фітофагом рослин досліджуваних сортів у 2019–2020 рр. становив 49,5–59,5 %. Середній бал був у межах 0,52–0,62. Коефіцієнт пошкодження коливався від 0,257 до 0,369. Таким чином, рослини сорту Глоба мали не суттєво менший рівень пошкодження соняшниковою горбаткою, ніж рослини сорту-стандарту Гляна, адже коефіцієнт пошкодження стебел був на 0,024 нижчим за НІР₀₅ = 0,0258. Рослини сортів Глесія, Лара і Сула істотно більше пошкоджувались горбаткою ніж сорт-стандарт Гляна, а коефіцієнт пошкодження є вищим на 0,069, 0,055 та 0,088, відповідно за НІР₀₅ – 0,0258. При цьому, відмічено істотну різницю у пошкоженості між сортами Лара і Сула. Так, коефіцієнт пошкодження сорту Сула є істотно вищим на 0,033 при НІР₀₅ – 0,0258 (табл. 4).

Таблиця 4

Оцінка нових сортів конопель посівних за ознакою пошкоджуваності основними внутрішньостебловими шкідниками – *M. parvula* та *O. nubilalis* (ІСГПС НААН, середнє за 2019–2020 рр.)

Сорт	Соняшниково горбатка			Стебловий метелик		
	Пошкоджено рослин, %	Середній бал	Коефіцієнт пошкодження	Пошкоджено рослин, %	Середній бал	Коефіцієнт пошкодження
Гляна (стандарт)	51,0	0,55	0,281	7,1	0,12	0,0085
Глесія	56,5	0,62	0,350	7,9	0,12	0,0095
Глоба	49,5	0,52	0,257	7,5	0,11	0,0083
Лара	56,0	0,60	0,336	8,5	0,14	0,0119
Сула	59,5	0,62	0,369	8,3	0,13	0,0108
НІР ₀₅	2,450	0,034	0,0258	1,661	0,019	0,00471

В умовах досліджуваних років щільність популяції стеблогового метелика була не високою і значно залежала від метеорологічних умов. Активне відкладання яєць фітофагом відбувалось у липні під час масового цвітіння рослин конопель. Відродження гусениць фіксували з другої половини липня.

Так, у середньому за роки досліджень коефіцієнт пошкодження рослин різних сортів шкідником був у межах 0,0083–0,0119 і суттєвої різниці встановлено не було. При цьому виявлено, що найбільшим цей показник був у рослин сорту Лара – 0,0119 і дещо меншим у Сули – 0,0108. Найменше пошкоджувався стебловим метеликом сорт Глоба.

Обговорення. Стійкість сортопопуляцій конопель до комах-шкідників забезпечується, в основному, сортовими особливостями (Dmytryev, 1935). В результаті сортовипро-

бування, яке проведено у 2001–2005 роках у Сумській області (м. Глухів), за толерантністю до пошкоджень конопляною блішкою та стебловим метеликом, дослідниками (Vugovc' et al., 2012) виділені сортозразки південного типу – Дикі №1 Ч., Дикі №2 Ч., Новосадські, Тібоаль; середньоросійського – ЮСО-28, Місцеві, Глухівські 49, ЮСО-22 х (ЮСО-31 х ЮСО-14), що обумовлюється сортовими особливостями на генетичному рівні.

На основі проведених нами досліджень нового асортименту конопель посівних за стійкістю до пошкоджень комахами-фітофагами було виділено сорт Глоба, який вирізнявся серед інших досліджуваних сортів найвищим рівнем стійкості до основних комах-шкідників. Цей сорт створено із сортопопуляції Золотоніської 15, що згідно літературних джерел

(Fedorenko et al., 2016), відзначалися позитивним результатом за стійкістю до конопляної блішки та стеблового метелика. Також виявлено, що на пошкодженість рослин шкідниками істотний вплив має тривалість періоду вегетації сорту. Доказом цього може бути те, що пізньостиглий сорт Лара мав суттєво більшу пошкодженість та заселеність рослин фітофагами порівняно з ранньостиглими сортами. Варто зазначити, що оцінка сортів до пошкодження соняшником гортаткою та буряковою листковою попелицею проведені нами вперше.

Висновки. Встановлено, що в умовах північно-східного Лісостепу України у 2019–2020 рр. основними видами комах-шкідників на конопляному полі були: блішка конопляна (*P. attenuata*) – 71,5 % від загальної чисельності фітофагів у травостой, гортатка соняшникова (*M. parvula*) – 3,20 %, попе-

лиця листкова бурякова – (*A. fabae*) – 0,80 % та метелик стебловий (*O. nubilalis*) – 0,06 % відповідно. Досліджено, що сортові особливості конопель посівних мають вплив на рівень пошкодженості домінуючими комахами-фітофагами. Так, рослини сорту Глоба істотно менше пошкоджувались жуками конопляної блішки – *P. attenuata* і відзначались найвищим рівнем стійкості до інших основних фітофагів. Найбільшу ж пошкодженість і заселеність рослин конопель посівних домінуючими фітофагами відмічено на пізньостиглому сорті – Лара і дещо меншу на сорті – Сула.

Отримані результати досліджень будуть використані при розробці сучасної еколого-орієнтованої системи захисту конопель посівних та пошуку механізмів стійкості до комах-шкідників у подальшому селекційному процесі.

Бібліографічні посилання:

1. Marchenko, Zh. Ju. (2015). Naprjamy vykorystannja konopleprodukcii u sviti (zb. nauk. prac') [Directions of use of hemp products in the world]. *Lub'jani ta tehnicni kul'tury*, 4(9), 159–166 (in Ukrainian).
2. Carus, M. (2017). The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flowers [Broschyr], European Industrial Hemp Association. – [Electronic resource]. Access mode: http://eiha.org/media/2017/12/17-03_European_Hemp_Industry.pdf
3. Kabanec', V., Vyrovce', V. & Lajko, I. (2012). Nenarkotychni posivni konopli – kul'tura nevyčerpanyh mozhyvostej [Non-narcotic sowing hemp – a culture of inexhaustible possibilities]. *Ahrobiznes sohodni*, 11(234), 30–32 (in Ukrainian).
4. Prymakov, O. A. (2013). Nenarkotychni konopli: perspektyva vykorystannja [Non-narcotic hemp: a use perspective]. *Agrarnyj tyzhden'*, 35–36(275), 14–15 (in Ukrainian).
5. Pushkar, G. O., & Semak, B. D. (2014). Problemy formuvannja asortymentu tovariv z volokna konopel' [Problems of building the assortment of items made of hemp]. *Visnyk HNTU*, 4(51), 11–122 (in Ukrainian).
6. Korenivska, L. V. (2019). Prospects for increasing the economic potential of hemp production in Ukraine. *Modern engineering and innovative technologies*, 10(2), 24–33. doi: 10.30890/2567-5273.2019-10-02-025
7. Mostafa, A. R., & Messenger, P. S. (1972). Insects and mites associated with plants of the general Argemone, Cannabis, Glaucium, Erythroxylum, Eschscholtzia, Humulus, and Papaver. University of California, Berkeley (in English).
8. Lago, P. K., & Stanford, D. F. (1989). Phytophagous insects associated with cultivated marijuana (*Cannabis sativa* L.) in northern Mississippi. *Journal of Entomological Science*, 24, 437–445.
9. McPartland, J. M. (1996). Cannabis pests. *Journal of the International Hemp Association*, (3)2, 52–55.
10. McPartland, J. M., Clarke, R. C., & Watson, D. P. (2000). Hemp diseases and pests: management and biological control – an advanced treatise. CABI Publishing, United Kingdom.
11. Shilenkov, V. G., & Tolstonogova, E. V. (2006). Vrediteli konopli v pribaltike [Phytophagous insects on cannabis in baikal region.]. *Biulleten VSNTS SO RAMN*, 2(48), 159–160 (in Russian).
12. Bakro, F., Wielgusz, K., Bunalski, M., & Jedryczka, M. (2018). An overview of pathogen and insect threats to fibre and oilseed hemp (*Cannabis sativa* L.) and methods for their biocontrol. *Integrated Control in Oilseed Crops*, 136, 9–20.
13. Cranshaw, W., Schreiner, M., Britt, K., Kuhar, T. P., McPartland, J., & Grant, J. (2019). Developing insect pest management systems for hemp in the United States: A work in progress. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1), 1–10. doi: 10.1093/jipm/pmz023
14. Kabanec', V. V. (2011). Osnovni shkidnyky konopel' posivnyh ta kontrol' i'h chysel'nosti v Polissi Ukrai'ny [Basic pests of hemp, and control of their quantity in the Polesia of Ukraine]. *Visnyk Sums'kogo NAU*, 11, 19–21 (in Ukrainian).
15. Kabanec', V. V. (2013). Entomofauna konoplianoho ahrobiotsenozu [Entomofauna of hemp agrobiocenosis]. *Visnyk Sums'kogo NAU*, 3, 26–29 (in Ukrainian).
16. Kabanec', V. V., & Fedorenko, V. P. (2014). Entomokompleks travostoia konoplianoho polia. [Entomocomplex of herbage in hemp field]. *Zashchyta y karantyn rastenyi*, 12, 30–33 (in Russian).
17. Fedorenko, V. P., Kabanec', V. V., & Kabanec', V. M. (2016) Shkidnyky konopel' posivnyh [Pests of hemp]. FOP Shherbina I.V., Sumy (in Ukrainian).
18. Pivtoraiko, V., Kabanets, V., & Vlasenko, V. (2020). Harmful entomofauna of hemp *Cannabis sativa* L. (analytical overview). *Quarantine and Plant Protection*, (7–9), 20–25. doi: 10.36495/2312-0614.2020.7-9.20-25
19. Kyrychenko, G. I., Lajko, I. M. & Shherban', I. I. (1998). Katalog ukrai'ns'koi' kolekcii' konopel' (*Cannabis sativa* L.) [Catalog of Ukrainian hemp collection]. *Gluhivs'ka mis'ka drukarnja*, Gluhiv (in Ukrainian).
20. Vyrovce', V. G., Kyrychenko, G. I., Lajko, I. M. & Shherban', I. I. (2001). Katalog ukrai'ns'koi' kolekcii' konopel' (*Cannabis sativa* L.) [Catalog of Ukrainian hemp collection]. RVV GDPI, Gluhiv (in Ukrainian).
21. Vyrovce', V. G., Kyrychenko, G. I., Lajko, I. M. & Shherban', I. I. (2007). Katalog ukrai'ns'koi' kolekcii' konopel' (*Cannabis sativa* L.) [Catalog of Ukrainian hemp collection]. Note bene, Sumy (in Ukrainian).
22. Vyrovce', V. G., Kyrychenko, G. I., Lajko, I. M. & Shherban', I. I. (2012). Katalog ukrai'ns'koi' kolekcii' konopel' (*Cannabis sativa* L.) [Catalog of Ukrainian hemp collection]. PKP «Ellada-S», Sumy (in Ukrainian).

23. Kabanec', V. V., & Kabanec', V. M. (2016). Suchasni sorty konopel' posivnyh dlja riznyh naprjamiv vykorystannja [Modern varieties of hemp plants for different directions use]. Materialy Mizhnarodnoi' naukoivo-praktychnoi' konferencii' «Gonchariv'ski chytannja», (26- 27 travnja 2016 r.), Sumy, 42-43 (in Ukrainian).
24. Sova, N. A., Vojtanishek, D. I., Lucenko, M. V., & Petrachenko, D. O. (2019). Osoblyvosti pisljazbyral'noi' obroby nasinnja promyslovyh konopel' [Peculiarities of post-harvest treatment of industrial hemp seeds]. Visnyk HNTU, 1(68), 129–135 (in Ukrainian).
25. Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnyh dlja poshyrennja v Ukraini na 2020 rik [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2020]. Ministerstvo agrarnoi' polityky ta prodovol'stva Ukrainy, Kyi'v. – [Electronic resource]. Access mode: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslyn> (in Ukrainian).
26. Dmytryev, G. V. (1935) Konopljanyj bloshak (*Psylliodes attenuata* Koch.) v uslovjyah pravoberezh'ja Kujbyshevskogo kraja [Hemp flea beetle (*Psylliodes attenuata* Koch.) in the conditions of the right-bank of the Kuibyshev territory]. Zashchita rastenyi, 5, 91 (in Russian).
27. McPartland, J. M. (1997). Cannabis as repellent and pesticide. Journal of the International Hemp Association, 4(2), 87–92.
28. Levin, N. A., Karadzova, L. V., & Tkalic, P. P. (1969). Metodika prognoza razvitija vreditelej i boleznij l'na i konopli [Methods of forecasting the development of pests and diseases of flax and hemp]. Kolos, Moskva (in Russian).
29. Omeljuta, V. P. (1986). Oblik shkidnykiv i horob sil'skogospodars'kyh kul'tur [Calculation of pests and diseases of agricultural crops]. Urozhaj, Kyi'v (in Ukrainian).
30. Shapiro, I. D., Frolov, A. N., Lepskaja, L. A., & Homenko, A. S. (1986) Metodicheskie ukazanija po ocenke konopli na ustojchivost' k steblevomu motyl'ku [Methodical guidance on cannabis evaluation as for the resistance against stem butterfly]. VIZR, Leningrad (in Russian).
31. Grigorenko, V. P. (1981). Rekomendacii po obsledovaniju s/h ugodij na zaselennost' vrediteljami i zarazhonnost' boleznjami [Guidelines on agricultural fields study as for pest colonization and diseases infection]. Urozhaj, Kyi'v (in Russian).
32. Strukova, S. I. (2009). Shkidnyky i hvoroby konopel'. Obstezhennja posiviv, vyjavlennja ta obliky shkidlyvyh organizmiv [The pests and diseases of the hemp. The plant inspecting, revealing and counting the pest organisms]. Karantyn i zahyst roslyn, 4, 17–20 (in Ukrainian).
33. Dospheov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]. Agropromizdat, Moskva (in Russian).

Pivtoraiko V. V., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Kabanets V. V., PhD (Agricultural Sciences), Senior Research Fellow, Institute of Agriculture of the North-East of NAAS of Ukraine, Sad, Sumy region, Ukraine

ASSESSMENT OF RESISTANCE OF NEW VARIETIES OF HEMP (*CANNABIS SATIVA* L.) TO DAMAGE BY MAIN INSECTS-PHYTOPHAGES IN THE NORTHEASTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Determining the risks associated with a high degree of damage to new varieties of hemp is relevant to ensure effective control of phytophages at all stages of cultivation. The aim of the research is to study the biological resistance of new varieties of hemp to the main phytophagous insects in the north-eastern forest-steppe zone of Ukraine.

The research was conducted in 2019–2020 on the natural background of hemp plant population by pests according to generally accepted entomology methods in the field of the scientific and experimental base of the Institute of Agriculture of the North-east of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, located in the northeastern Forest-Steppe of Ukraine. The material for the research was new hemp varieties of Ukrainian selection, namely Hlesia, Hloba, Lara and Sula, which were compared with the standard variety Hliana.

Weather conditions in the years of research has significant difference between themselves. Thus, the vegetation period of 2019 was characterized by an extreme deficit of precipitation against the background of higher temperatures, which contributed to the formation of high population density of major pests in the study areas and significant damage to hemp plants throughout the growing season. 2020 was marked by higher temperatures with moderate humidity. Heavy rainfall, which exceeded the average long-term norm by 1.7 times and the average daily temperature was 2.0 °C lower in May, restrained the going out of phytophagous insects from wintering grounds, which reflected in less damage to feed plants in the initial stages of organogenesis.

*It was found that in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine during 2019–2020 the main species of pests in the hemp field were: hemp flea beetle (*Psylliodes attenuata* Koch, 1803) – 71.5 % of the total of phytophages in the herbage, sunflower tumbling-flower beetle (*Mordellistena parvula* Gyllenhal, 1827) – 3.20 %, beet leaf aphid (*Aphis fabae* Scopoli, 1763) – 0.75 % and european corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner, 1796) – 0.06 %. It was investigated that the varietal characteristics of hemp plant affect the level of damage by dominant phytophagous insects. Thus, the plants of the Hloba variety had a significantly lower level of damage by the hemp flea beetle *P. attenuata* (Koch, 1803) and were distinguished by a high level of resistance to other main phytophages. The greatest damage and population of hemp plants by dominant phytophages was noted for late-ripening variety – Lara and somewhat less for Sula variety. The obtained research results will be used in the development of a modern environmentally-oriented system of hemp protection, as well as in the search for mechanisms of resistance to insect pests in the further breeding process.*

Key words: hemp, modern varieties, hemp flea beetle, sunflower tumbling-flower beetle, european corn borer, beet leaf aphid, damage, population.

Дата надходження до редакції: 15.02.2020 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ БАЗОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСІННЯ КІНОА

Троценко Володимир Іванович

доктор сільськогосподарських наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-8101-0849
vtrotsenko@ukr.net

Мельник Андрій Васильович

доктор сільськогосподарських наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-7318-6262
melnyk_ua@yahoo.com

Троценко Надія Володимирівна

аспірант
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-002-6671-2014
sblack1522@gmail.com

Кіноа вважається джерелом здорового харчування завдяки енергетичній та поживній цінності. Параметри харчової якості насіння кіноа перевершують характеристики традиційних злакових культур. Високий вміст білків вирізняє насіння кіноа поміж інших продуктів рослинного походження. Кіноа містить всі важливі амінокислоти, воно насичене мінералами та вітамінам. Особливий хімічний склад зерна може забезпечити виробництво безглютенової харчової продукції.

Кіноа завдяки унікальному хімічному складу і відсутності глютену, може використовуватися як цінна сировина для створення спеціалізованих (безглютенових) продуктів для людей, які страждають на целиацію і для продуктів підвищеної харчової цінності. Ця культура може бути альтернативною у районах із дефіцитом води, посухами та засоленням, де інші культури є нерентабельними. Проблемними аспектами культури залишаються схожість насіння у польових умовах, низька й нестабільна врожайність. Основною умовою поширення кіноа, як і інших видів рослин, є успішність проходження первинних фаз розвитку рослин. Здатність формувати у нових умовах вирівняний посів із заданими показниками густоти стояння, забезпечує можливість подальших кроків із селекційної та технологічної оптимізації показників культури.

Проаналізовано еволюційні шляхи формування ознаки відсутності періоду спокою насіння, виявлено механізми та динаміку зниження життєздатності насіння у сучасній культурі кіноа. Суттєві відмінності у характеристиках насіння 2019 та 2018 рр. врожаю (зберігання 14 та 28 місяців відповідно) вказують на складність підтримки його господарських показників на наступні періоди.

За результатами дослідів із визначення динаміки водопоглинання насіння, його реакції на намочування та прогрівання визначено базові характеристики перспективних до впровадження у зоні північно-східного Лісостепу України селекційних зразків кіноа. Встановлено, що рівень пасивного водопоглинання знаходиться у діапазоні 79,7–81,5 % від маси сухого насіння. Максимальна інтенсивність водопоглинання відбувається протягом першої години. Насіння з більшим терміном зберігання має вищу інтенсивність початкового водопоглинання. При температурі + 18 °C загальна тривалість періоду набубнявіння насіння складає 7–8 годин.

Найвища ефективність намочування насіння відмічена для зразків насіння 2019 року врожаю. Порівняно з контролем, зростання показників енергії проростання та лабораторної схожості становили + 9,5 та + 5,8 %. Цей же зразок насіння мав кращі параметри за результатами прогрівання + 6,9 та + 2,4 % відповідно.

Ключові слова: кіноа, інтродукція, врожайність, життєздатність насіння, передпосівна обробка насіння.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.9>

Вступ. Кіноа (*Chenopodium quinoa Willd.*) – представник родини *Amaranthaceae*. Рід *Chenopodium* поширений в Америці, Азії та Європі (Bazile et al., 2016; Jellen, et al., 2014). Особливістю виду є висока мінливість та толерантність до стресогенних умов довкілля (засоленість, посуха, низький рівень зволоження тощо. (Jacobsen et al., 2003; Ruiz et al., 2014).

Із усіх культур, насіння яких використовується для харчових потреб, кіноа – єдиний вид із збалансованим вмістом амінокислот. Висока цінність білку обумовлена вмістом гістидину, ізолейцину, лейцину, фенілаланіну, треоніну, трипто-

фану, валіну та, головним чином, лізину та метіоніну, незамінних амінокислот (Filho et al., 2017; Nowak & Charrondière, 2016; Stikic et al., 2012). Насіння кіноа також багате на мікроелементи (K, Ca, P, Mn, Zn, Cu, Fe і Na) та вітаміни С та Е (Dini et al., 2001; Pereira et al., 2019). Ці властивості роблять кіноа своєрідним еталоном серед культурних рослин, до того ж із високою адаптацією до широкого спектру умов вирощування у різних регіонах світу. Кіноа навіть розглядають як культуру, що може бути варіантом (гарантом) підвищення продовольчої безпеки (FAO, 2012). Такі характеристики обумовлюють інтродукцію культури у регіони, що часто є відмінними

за ґрунтового-кліматичними умовами від зони традиційного вирощування.

Базовою умовою поширення кіноа, як і інших видів рослин, є успішність проходження первинних фаз розвитку рослин. Здатність формувати у нових умовах вирівняний посів із заданими показниками густоти стояння, забезпечує можливість подальших кроків із селекційної та технологічної оптимізації показників культури (Bhargava et al., 2009; Spehar et al. 2015). Визначальною характеристикою цього процесу є вивчення особливостей зберігання насіння, його проростання та реакції на фактори середовища (Souza et al., 2016).

Основною відмінністю насіння кіноа від інших поширених культур є особлива структура плоду, що має унікальний пористий перикарп (Burrieza et al., 2014). Дрібнонасіннєвість і висока гігроскопічність перикарпу кіноа поєднуються з відсутністю періоду післязбирального досягання. Як результат насіння кіноа швидко втрачає життєздатність, а збирання насіннєвих посівів, доробка насіння та його зберігання потребують чіткого дотримання технологічних параметрів (Strenske et al., 2017).

Комплекс біологічних особливостей насіння кіноа, та наявність чітких національних і міжнародних вимог щодо якості посівного матеріалу, зумовлюють значну активність саме у цьому сегменті наукових досліджень. У значній кількості випадків таким дослідженням передували проблеми з якістю насіння, відсутністю стандартних тестів оцінювання його характеристик при інтродукції культури (Filho, 2015; Flivia, et al., 2017).

Досить різноманітний спектр ґрунтових та кліматичних умов, де розповсюджена культура кіноа, зумовили широку представленість у дослідженнях саме особливостей латентної фази розвитку рослин. Насамперед, це дослідження пов'язані з параметрами ґрунту: температурою, вологістю, доступністю кисню та складом мікрофлори (Filho et al., 2017; Souza & Cardoso, 2000.). У цьому аспекті, як правило, окремо розглядаються питання, що стосуються нормативних показників насіння – енергії проростання та схожості (Souza et al., 2016; Strenske et al., 2017).

Достатньо представленими є дослідження стосовно реакції культури або окремих її сортів на специфічні особливості регіонів, насамперед, присутність у ґрунтового розчині, таких сполук, як хлориди натрію (NaCl), кальцію (CaCl₂) і калію (KCl) (Barbieri et al., 2019; Peughan et al., 2020) та оцінка процесів проростання й розвитку сходів в умовах засолення та дефіциту води (Adolf et al., 2012; Coccozza et al., 2013; Eisa et al., 2017; Qureshi & Daba, 2020).

Мета. Враховуючи тенденцію до розширення ареалу розповсюдження та збільшення площ під культурою кіноа, формування внутрішнього ринку споживання та дефіцит наукової інформації про фізіологічні характеристики насіння, наше дослідження мало на меті оцінити особливості водопоглинання насіння та його реакцію на заходи з передпосівної підготовки залежно від тривалості зберігання.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження були

проведені в 2020 році у межах наукової тематики кафедри рослинництва Сумського національного аграрного університету «Створення вихідного матеріалу сортів кіноа (*Chenopodium quinoa Willd.*), адаптованих до умов північно-східного Лісостепу та Полісся України». Згідно з планом щодо вивчення базових характеристик насіння перспективного селекційного номера K4.

Дослід 1. Визначення динаміки водопоглинання насіння залежно від тривалості зберігання.

У досліді використано насіння врожаю 2020 року, насіння врожаїв 2019 та 2018 рр. із масою 1000 штук – 2,96 г. Насіння засипали у сітчасті пластикові контейнери об'ємом 7,3 см³. Контейнери занурювали у воду (температура + 18 °С). Насіння зважували з інтервалом в 1 годину. Перед кожним зважуванням для видалення залишків води, контейнери поміщали у центрифугу з параметрами: 1 хв., 500 об/хв. Кожний варіант дослідів мав 3 повторності.

Дослід 2. Визначення впливу передпосівної обробки на показники якості насіння.

Як і у попередньому випадку у досліді було використано насіння сортономера K4 з масою 1000 штук 3,11–3,20 г.

Дослід двофакторний.

• Фактор А – спосіб передпосівної обробки насіння.

Варіанти: намочування насіння; прогрівання насіння.

• Фактор Б – тривалість зберігання насіння. Варіанти: свіжезібране насіння врожаю 2020 р.; насіння врожаю 2019 р.; насіння врожаю 2018 р.

• Контроль – насіння без обробки.

У варіантах із намочуванням насіння занурювали у воду з температурою +18 °С на 1 годину. Потім насіння підсушували до сипучого стану при температурі +22 °С протягом 12 годин. У варіантах із прогріванням, насіння поміщали в термостат із температурою +55 °С на 2 години.

Для оцінки якісних показників насіння щодо проростання, було використано стандартний тест на схожість. Насіння (100 штук у пробі) розподіляли на вологому фільтрувальному папері в пластикових ростильнях у 4-разовому повторенні. Пророщування проводили при температурі 20 °С. Енергію проростання визначали на 3-й день, лабораторну схожість – на 6-й день.

Результати. Результати дослідів з оцінювання динаміки водопоглинання насіння кіноа різних термінів зберігання показали, що суттєве зростання показника маси поглинутої води спостерігалось протягом перших 7 годин. У деяких повторностях зростання кількості поглинутої вологи відмічали протягом 8–9 годин. Максимальна кількість води: 55,1; 57,1 та 61,3 % у зразків урожаю 2020, 2019 та 2018 рр. відповідно потрапляла у насіння протягом першої години намочування. Перехід через позначку 70 % від маси насіння відбувся через 5 годин у зразків 2020 р., через 4 та 3 годин у зразків 2019 та 2018 рр. Загальна кількість поглинутої насінням вологи через 7 годин у зразків відповідних років урожаю склала 79,68; 81,50 та 80,43 %. (рис.1).

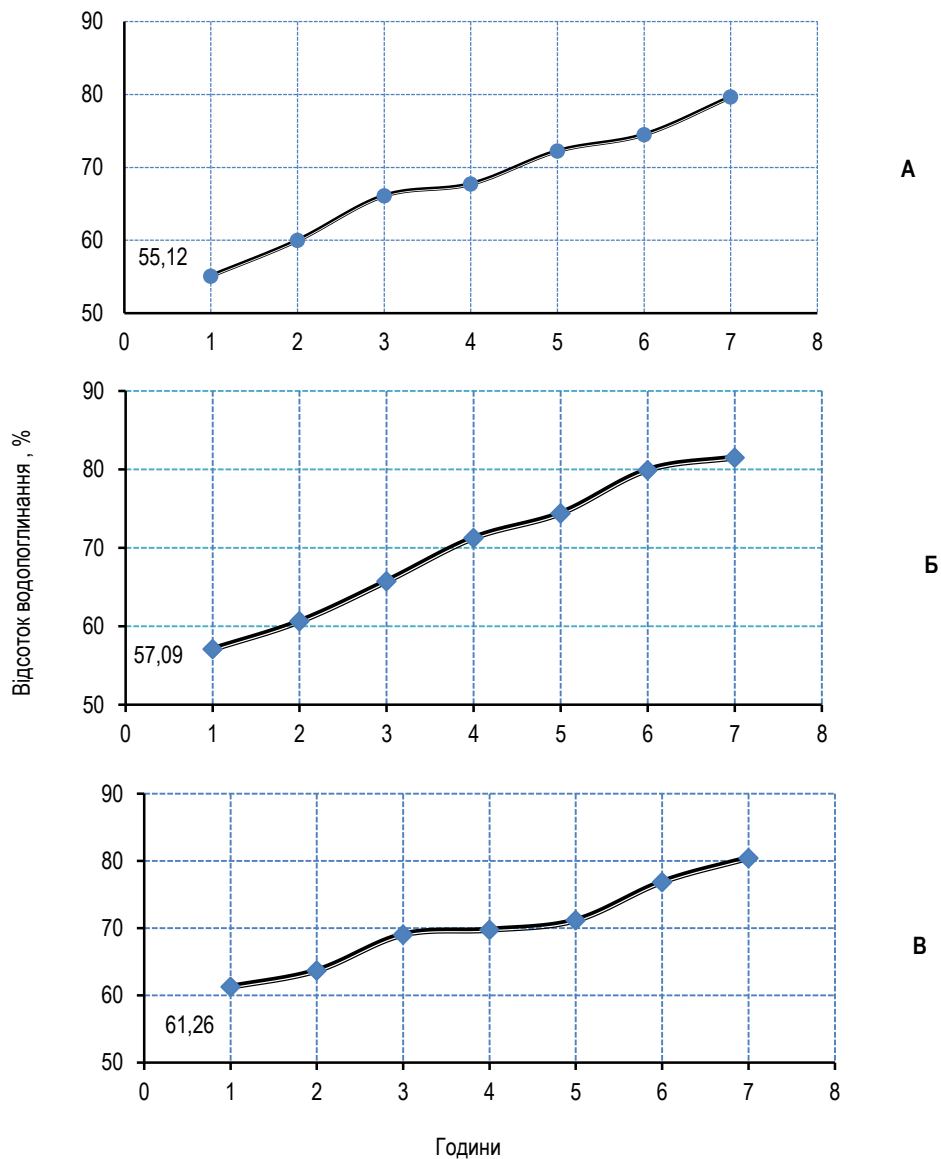


Рис.1 Динаміка водопоглинання насіння кіноа.
 А – насіння врожаю 2020 р.; Б – 2019 р.; В – 2018 р.

Пристосувальний механізм формування цієї ознаки підтверджується відмінностями у регресійних моделях дина-

міки водопоглинання залежно від тривалості зберігання насіння (табл.1).

Таблиця 1

Регресійні моделі динаміки водопоглинання насіння кіноа різних років урожаю

Рік урожаю	Модель регресії	R ²	p-рівень
2020	$Y = 52,37 + 4,23 \cdot X$	0,98	0,0001
2019	$Y = 52,87 + 3,88 \cdot X$	0,98	0,0001
2018	$Y = 58,03 + 3,07 \cdot X$	0,98	0,0004

Регресійні моделі вказують на першочерговість проростання у ґрунтовому банку саме насіння попередніх років урожаю. Так, максимальне серед варіантів значення вільного члена регресійної моделі зразків урожаю 2018 року – 58,03 вказує на мінімальну (серед варіантів) залежність процесу набубнявіння насіння від тривалості контакту насіння з водою.

У зразка поточного (2020 р.) урожаю ми спостерігаємо зворотну залежність. Низьке значення вільного члена та максимальне у досліді значення коефіцієнта регресії $r = 4,23$ характеризує цю модель, як більш залежну від тривалості кон-

такту насіння з водою. В природних умовах це має забезпечити блокування проростання насіння у волоті, та зворотність процесів ферментативної активації запасних поживних речовин при низькій вологості середовища.

Подібність моделей набубнявіння насіння 2020 та 2019 рр. урожаю опосередковано вказує на можливість підтримки показників господарчої придатності насіння кіноа протягом 2-х річного терміну зберігання. Аналогічну динаміку зниження життєздатності насіння протягом його зберігання було отримано і у досліді із намочуванням та прогріванням насіння (табл. 2).

Вплив передпосівної обробки насіння на параметри проростання

Фактор А Передпосівна обробка насіння	Фактор В (роки урожаю)					
	2020		2019		2018	
	енергія проростання	лабораторна схожість	енергія проростання	лабораторна схожість	енергія проростання	лабораторна схожість
Контроль (необроблене насіння)	74,6 ± 2,1	86,5 ± 0,3	68,6 ± 1,8	83,6 ± 0,6	54,4 ± 3,4	66,4 ± 3,1
Намочування насіння	79,3 ± 1,3	88,4 ± 0,3	78,1 ± 1,6	89,4 ± 0,5	64,2 ± 3,6	67,1 ± 3,1
± до контролю, %	4,7	1,9	9,5	5,8	9,8	0,7
Прогрівання насіння	78,4 ± 2,3	84,2 ± 0,4	75,5 ± 1,9	86,0 ± 0,6	56,4 ± 3,2	68,3 ± 2,5
± до контролю, %	3,8	2,3	6,9	2,4	2,0	1,9

В умовах досліду найвищий ефект від замочування насіння, а саме – + 9,5 % та +5,8 % за показниками енергії проростання та лабораторної схожості було отримано у зразка з річним терміном зберігання. Суттєве покращення енергії проростання (+ 9,8 %) не супроводжувалося зростанням показника лабораторної схожості. Це вказує на збільшення у цьому зразку частки ослабленого та нежиттєздатного насіння. Зразок урожаю поточного року (2020 р.) характеризувався сповільненою реакцією, що проявлялась у деякому покращенні (+4,7 %) показника енергії проростання та несуттєвому (+ 1,9 %) зростанні лабораторної схожості.

Обговорення. Важливою характеристикою процесу водопоглинання є інтенсивність початкових фаз, яка, зазвичай, характеризує здатність насіння до швидкого проростання за рахунок ефективного використання ґрунтової вологи. Факторами, що впливають на інтенсивність цього процесу, є тип запасних поживних речовин у насінні, а також наявність спеціалізованих пристосувань, зокрема, пористість перикарпу. В еволюційному аспекті здатність до швидкого й інтенсивного водопоглинання формувалася як пристосувальна ознака дрібнонасіньових видів рослин, у яких проростання насіння відбувається з верхнього шару ґрунту, що характеризується швидкими темпами прогрівання та великою ймовірністю пересихання.

Отримані результати щодо водопоглинання насіння погоджуються з даними досліду L. M. Melgarejo (2010), який визначив три основні фази проростання насіння кіноа. Перша відповідає фенологічній фазі 03 (ВВСН), яка починається з поглинання, коли вода адсорбується через різницю у гідрологічному потенціалі між насінням та зовнішнім розчином. Згодом відбувається ферментативна активація, початкова реакція якої виявляється у значному зменшенні поглинання води. Далі ініціюються метаболічні перетворення, головним чином, за рахунок збільшення реакційно здатних форм кисню (АФК), молекулярної рухливості та в'язкості цитоплазми, що діє на клітину сигнальним шляхом, перериваючи стан спокою (Melgarejo, 2010; Sosa-Zuniga, 2017).

Подібні дані щодо інтенсивності водопоглинання та ініціації початкових механізмів проростання насіння було отримано у дослідженнях A. Bhargava (Bhargava et al., 2007). Автори зазначають високий ступінь гігроскопічності та відсутність періоду спокою у більшості сортів кіноа. Також повідомляється, що, за наявності достатньої кількості вологи та сприятливої температури, проростання насіння може відбуватися за 6–10 годин (Souza et al., 2016). В окремих сортів описуються випадки проростання насіння у волоті, що додатково вказує на низьку ефективність регуляторних механізмів надходження вологи та блокування процесів проростання.

Як повідомляють F. F. J. Souza (Souza et al., 2016) та C. R. Spehar (Spehar, 2015), саме відсутність періоду спокою

у насіння кіноа є причиною швидких (порівняно до інших видів, що накопичують поживні речовини у формі білків та вуглеводів) темпів зниження життєздатності насіння при його зберіганні. Попереднє намочування насіння перед сівбою може скоротити період затримки процесу проростання та прискорити на початковій стадії ріст проростків. Це нівелює можливі ризики на ранніх етапах вегетативного розвитку рослин, оскільки серед етапів життєвого циклу проростання насіння і поява сходів є найбільш уразливими (Sabongari & Aliero, 2004).

У біологічному сенсі реакція насіння на попереднє замочування з підсушуванням характеризує здатність культури, окремого її сорту або зразка до проростання у більш широкому екологічному діапазоні. Оскільки пересихання верхнього шару ґрунту відбувається швидше, ніж пересихання розміщеного у ньому насіння, то процес проростання при повторному зволоженні може проходити більш інтенсивно.

Наразі така методика передпосівної підготовки насіння є одним із ефективних заходів для гарантованого отримання сходів деяких дрібнонасіньових кормових культур та лікарських видів рослин. Використання такого заходу у *Nicotiana rustica* L. дає можливість отримання кількох «вікових хвиль» сходів, що робить можливим зміщення строків сівби на більш ранні, без загрози втрати посіву через ранньовесняні заморозки. Перспективність намочування насіння для інших культур (наприклад, кукурудзи) визначається різницею у темпах надходження води в ендосперм та зародок. (Bewley et al., 2013; Shin et al., 2005).

Щодо передпосівної теплової обробки насіння, отримані нами результати співпадають із даними експериментів, де прогрівання насіння та його намочування забезпечило суттєве підвищення енергії проростання (Macdonald & Asotie, 1999; Noorhosseini et al., 2018). Вважають, що при намочуванні насіння з наступним підсушуванням до вихідної вологості відбувається активація ферментів та можливі морфологічні зміни в структурі насінньових покривів, що покращує схожість насіння (Esmailpour & Van Damme, 2014; Lin & Sung, 2001).

Перикарп є своєрідним бар'єром, що втримує інгібітор проростання – ендогенну абсцизову кислоту. При порушенні покривів або їх перфорації фіксують збільшення кількості абсцизової кислоти, яка вивільнюється назовні й насіння починає активно проростати (Beatriz, 2015). Відмінності у товщині перикарпа, залежно від умов конкретного року, також обумовлюють різну кількість вивільненої абсцизової кислоти, що може бути однією з причин відмінностей у їхньому проростанні.

Висновки. Проаналізовано еволюційні шляхи формування ознаки відсутності періоду спокою насіння, виявлені

механізми та динаміка зниження життєздатності насіння у сучасній культурі кіноа. Суттєві відмінності у характеристиках насіння 2019 та 2018 рр. урожаю (зберігання 14 та 28 місяців відповідно) вказують на складність збереження його господарських показників на 2 та наступні роки зберігання.

За результатами дослідів із визначення динаміки водопоглинання насіння, його реакції на намочування та прогрівання визначені базові характеристики перспективних до впровадження у зоні північно-східного Лісостепу України селекційних зразків кіноа. Встановлено, що рівень пасивного водопоглинання знаходиться у діапазоні 79,7–81,5 % від

маси сухого насіння. Максимальна інтенсивність водопоглинання відбувається протягом першої години. Насіння з більшим терміном зберігання має вищу інтенсивність початкового водопоглинання. При температурі + 18 °C загальна тривалість періоду набубнявіння насіння складає 7–8 годин.

Найвища ефективність намочування насіння відмічена для зразків насіння 2019 р. урожаю. Порівняно до контролю зростання показників енергії проростання та лабораторної схожості склали + 9,50 та + 5,80 %. Цей же зразок насіння мав кращі показники за результатами прогрівання + 6,90 та + 2,45 % відповідно.

Бібліографічні посилання

1. Bazile, D., Jacobsen, S. E., & Verniau, A. (2016). The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. *Frontiers in Plant Science*, 7. doi: 10.3389/fpls.2016.00622
2. Jellen, E.N., Maughan, P.J., Fuentes, F. & Kolano, B. A. (2014). Botánica Domesticación y Circulación de Recursos Genéticos. In: Bazile D., Bertero D., Nieto C. (Eds). State of the art report on quinoa around the World in 2013. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: Santiago, Chile, 11–35.
3. Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Jensen, C. R. (2003). The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) to adverse abiotic factors. *Food Reviews International*, 19(1-2), 99–109. doi: 10.1081/FRI-120018872
4. Ruiz, K., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E., Molina-Montenegro, M. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change: A review. *Agron Sustain Dev.*, 34, 349–359. doi: 10.1007/s13593-013-0195-0
5. Filho, A. M., Pirozi, M.R., Borges, J.T., Pinheiro, Sant'Ana H. M., Chaves, J. B. & Coimbra J. S. (2017). Quinoa: nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 57(8), 1618–1630. doi: 10.1080/10408398.2014.1001811.
6. Nowak, V, Du, J. & Charrondièrre, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47–54. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.02.111
7. Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, D. M. O., Jacobsen, S.E. & Milavonic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *J. Cereal Sci.*, 55(2), 132–138. doi: 10.1016/j.jcs.2011.10.010
8. Dini, I., Schettino, O., Simioli, T. & Dini, A. (2001). Studies on the constituents of *Chenopodium quinoa* seeds: isolation and characterization of new triterpene saponins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49, 741–746. doi: 10.1021/jf000971y
9. Dini, I., Tenore, G. C. & Dini, A. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *Lwt – Food Science and Technology*. 43. 447–451. doi: 10.1016/j.lwt.2009.09.010
10. Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V. C. F. R., & Ferreira, I. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chem.*, 15, 280, 110–114. doi: 10.1016/j
11. FAO (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics. Retrieved 2019 September 2 from [Electronic resource]. Access mode: <http://faostat.fao.org>
12. Bhargava, A., Shukla, S., Rajan, S., & Ohri, D. (2007). Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 167–173. doi: 10.1007/s10722-005-3011-0
13. Souza, F. F. J., Devilla, I. A., de Souza, R. T. G., Teixeira, I. R., & Spehar, C. R. (2016). Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 11(15), 1299–1308. doi: 10.5897/AJAR2016-10870
14. Spehar, C. R. (2015). Advances and challenges for quinoa production and utilization in Brazil. Chapter XX., 562–583. FAO & CIRAD State of the art report on quinoa around the world in 2013. (D. Bazile, D. Bertero & C. Nieto). Rome, 605.
15. Burrieza, H. P., López-Fernández, M. P. & Maldonado, S. (2014). Analogous reserve distribution and tissue characteristics in quinoa and grass seeds suggest convergent evolution. *Frontiers in plant science*, 5, 546. doi: 10.3389/fpls.2014.00546
16. Strenske, A., Vasconcelos, E. S., Egewarth, V. A., Herzog, N. F. M., & Malvasi, M. M. (2017). Responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under different germination temperatures. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39(1), 83–88. doi: 10.4025/actasciagron.v39i1.30989
17. Filho, M. J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, 72(4), 363–374. doi: 10.1590/0103-9016-2015-0007
18. Flivia, F., Julia, E., Nara, O., Spehar, C. & Thais, F. (2017). Standardizing germination tests for quinoa seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 12. 155–160. doi: 10.5897/AJAR2016.11820.
19. Souza, G. M. & Cardoso, V. J. M. (2000). Effects of different environmental stress on seed germination. *Seed Science and Technology*. Zurich: Ista, 28(3), 621–630. [Electronic resource]. Access mode: <http://hdl.handle.net/11449/20224>
20. Barbieri, G., Stefanello, R., Menegaes, J., Munareto, J. & Nunes, U. (2019). Seed Germination and Initial Growth of Quinoa Seedlings Under Water and Salt Stress. *Journal of Agricultural Science*, 11(15), 153. doi: 10.5539/jas.v11n15p153
21. Peyghan, K., Golabi, M. & Albaji, M. (2020) Simulation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) yield and soil salinity under salinity

- and water stress using the SALTMED model. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(18), 2361–2376.
22. Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F. & Jacobsen, S. E. (2012). Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant Soil*, 357, 117–129. doi: 10.1007/s11104-012-1133-7
 23. Coccozza, C., Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., d'Andria, R., & Tognetti, R. (2013). Effects of increasing salinity stress and decreasing water availability on ecophysiological traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) grown in a mediterranean-type agroecosystem. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199, 229–240. doi: 10.1111/jac.12012
 24. Eisa, S., Eid, M.A., El-Samad, S.A., Hussin, S., Abdel-Ati, A.A., El-Bordeny, N., Ali, S.H., Al-Sayed, H.M.A, Lotfy, M.E., Masoud, A., El-Naggar, A.M., & Ebrahim, M. (2017). *Chenopodium quinoa* Willd. A new cash crop halophyte for saline regions of Egypt. *Australian Journal of Crop Science*, 11(03), 343–351. doi: 10.21475/ajcs.17.11.03.pne316
 25. Qureshi, A. & Daba, A. (2020). Evaluating Growth and Yield Parameters of Five Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) Genotypes Under Different Salt Stress Conditions. *Journal of Agricultural Science*, 12(3), 128. doi: 10.5539/jas.v12n3p128
 26. Melgarejo, L. M. (2010). Experimentos en fisiología vegetal (U. N. de Colombia, Ed.). Bogotá.
 27. Sosa-Zuniga, V., Brito, V., Fuentes, F., & Steinfurt, U. (2017). Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 171(1), 117–124. doi: 10.1111/aab.12358
 28. Sabongari, S. & Aliero, B. L. (2004). Effects of soaking duration on germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *African Journal of Biotechnology*, 3(1), 47–51. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.academicjournals.org/AJB> ISSN
 29. Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H.W.M. & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*(3ed.). New York: Springer. Germination. 133–181.
 30. Shin, Seung-Ku; Ryu, Myung-Hyun & Lee, Chul-Hwan (2005). Effect of soaking duration and incubation temperature in drum priming on germination of tobacco seed CORESTA Meeting, Agronomy/Phytopathology, Santa Cruz do Sul, APOST 30.
 31. Macdonald, Idu & Asotie, Conrad Omonhinmin (1999). Effect of oven – heat and boiling on the germination and seedling development of *Dichrostachys cinerea* (L) Wight and Arn (*Fabaceae*). *Agronomie, EDP Sciences*, 19(8), 671–676.
 32. Noorhosseini, S. A., Jokar, N. K. & Damalas, C. A. (2018). improving seed germination and early growth of garden cress (*Lepidium sativum*) and basil (*Ocimum basilicum*) with hydro-priming. *J Plant Growth Regul*, 37, 323–334. doi: 10.1007/s00344-017-9728-0
 33. Esmailpour, A. & Van Damme, P. (2014). Evaluation of Seed Soaking Times on Germination Percentage, Germination Rate and Growth Characteristics of Pistachio Seedlings. *Acta Horticulturae*. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1109.17.
 34. Lin, J.M. & Sung, Jih. (2001). Pre-sowing treatments for improving emergence of bitter melon seedlings under optimal and sub-optimal temperatures. *Seed Science and Technology*, 29, 39–50.
 35. Beatriz, G. (2015). Structural aspects of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*): Importance and possible action mechanisms of the seed coats; Cambridge University Press; *Seed Science Research*, 25(3), 267–275. [Electronic resource]. Access mode: <http://hdl.handle.net/11336/44200>

Trotsenko V. I., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Melnyk A. V., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Trotsenko N. V., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

STUDY OF BASIC CHARACTERISTICS OF QUINOA SEEDS

Quinoa crop is considered as a source of healthy nutrition due to its energy and nutritional value. The nutritional parameters of quinoa seeds exceed the characteristics of traditional cereals. The high protein content distinguishes quinoa seeds from other plant food. Quinoa contains all the important amino acids, it is rich in minerals and vitamins. The special chemical composition of grain can ensure the production of gluten-free food products. Quinoa due to its unique chemical composition and lack of gluten, can be used as a valuable raw material for the creation of specialized (gluten-free) products for people suffering from celiac disease and for products of high nutritional value. This crop may be an alternative one in areas with water deficiency, droughts and salinization, where other crops are unprofitable. Problematic aspects of the crop production are level of seed germination in the field condition, low and unstable yields.

The main condition for the quinoa spread, like other plant species, is the success of the initial phases of plant development. The ability to form in new growing conditions a crop with certain parameters of standing density provides the possibility of further steps in the breeding process and technological optimization of crop indicators.

The evolutionary way of the trait formation such as the absence of the seed dormancy period are analyzed, the mechanisms and dynamics of the decrease in the viability of seeds in the modern crop of quinoa are revealed. Significant differences in the seed characteristics of 2019 and 2018 harvest years (storage period of 14 and 28 months, respectively) indicate the difficulty of maintaining the economic indicators of seeds for the 2-nd and subsequent storage years.

Based on the experiment result to determine the dynamics of water absorption of seeds, their reactions to soaking and heating, the basic characteristics of quinoa breeding samples (perspective for introduction in the zone of the north-eastern forest-steppe of Ukraine) were determined.

It was found that the level of passive water absorption was in the range of 79.7–81.5 % of the mass of dry seeds. The maximum intensity of water absorption was fixed within 1-st hour. Seeds with a longer storage period are characterized by more intense initial water absorption. At temperature of 18 °C, the total duration of the seed swelling period is 7–8 hours.

The highest efficiency of seed soaking was noted for seed samples of the 2019 harvest year, compared with which the growth

of indicators of germination energy and laboratory germination was + 9.5 and + 5.8 %. The same seed sample had the best parameters according to the results of heating: + 6.9 and + 2.4 % respectively.

Key words: *quinoa, introduction, yield, seed viability, pre-sowing seed treatment.*

Дата надходження до редакції: 05.02.2020 р.

BASIS FOR THE BREEDING OF LOW-Cd WHEAT VARIETIES

Wu Liuliu

PhD student

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: 0000-0001-2345-6789

wuliu1009qqq@163.com

Zhatova Halyna

PhD (Agricultural Sciences), Professor

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: 0000-0002-8606-6750

gzhatova@ukr.net

Among heavy metals, cadmium (Cd) is highly toxic to plants and it is even considered as one of the most toxic elements released into environments at very low concentrations. The development of industry and agriculture have led to the increase of Cd content in soil environment. Cd is released into the soil through application of phosphate fertilizer, animal manures, waste water etc. Cadmium is a non-essential element for plant nutrition but because of its strong toxicity can seriously affects crop growth and development. Due to the high mobility of Cd in soil, the concentration of this element above the critical level can strongly inhibit the growth of plants as well as damage cell structure by interfering with different biochemical and physiological processes. Accumulation of Cd to phytotoxic levels may cause significant growth and yield decrease. If plants are grown in soil contaminated with Cd, they produce products containing this heavy metal, and such plant products are the main source of Cd entering the human body through the trophic chains. Thus, Cd may be an element with high residue, difficult to degrade and easy to accumulate, which may seriously threaten the health of human beings and animals. Cereals such as wheat, rice and maize are the main food crops in the world. Among them, wheat is the source of staple food for more than half of the world's population. Compared with other heavy metals, cadmium is more easily absorbed and accumulated by wheat. This poses a serious threat to human health. Wheat products are the main source of Cd intake by human. Wheat mainly uptakes Cd through the root system, and then it migrates to the above-ground part, and finally accumulates in the wheat grain. Agronomic management practices have been used to reduce Cd uptake and toxicity in wheat. However, these measures could pose some problems, such as large investment, high energy consumption, difficult operation and easy to produce secondary pollution. Low-Cd wheat varieties are the most effective and economic way to reduce the risk of cadmium to human health associated with food consumption. In the traditional breeding process, the selection of Cd-tolerant wheat samples is carried out on the basis of morphological, physiological or biochemical characteristics associated with Cd stress. It is of great significance to study the molecular mechanism of Cd absorption, transport of wheat and the creation of wheat varieties with low Cd accumulation for ensuring food security and food safety. Using molecular breeding technology and their successful integration with traditional breeding methods to select crop varieties with low accumulation of Cd will have a potential impact on the development of low Cd wheat germplasm and important practical significance for ensuring safe agricultural production of Cd contaminated soil. The objective of the present review is to discuss the Cd impact on wheat growth and development, Cd toxicity and tolerance mechanisms and some possible breeding strategies to alleviate Cd toxicity in wheat. The paper reviewed the effects of cadmium on the growth and development of wheat, the absorption, transport and distribution of cadmium in wheat, the tolerance mechanism and the molecular biological level of cadmium in wheat plant. To provide strategies and possible schemes for breeding wheat varieties with low cadmium accumulation

Keyword: wheat, cadmium, absorption, transport, distribution, tolerance mechanism, molecular mechanisms.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.1.10>

Introduction. Heavy metal polluted soils have been a serious problem to crop production worldwide (Adrees et al., 2015; Ali et al., 2015; Bedford, 2017; Clemens et al., 2013; Habiba et al., 2015; Rizwan et al., 2016). Among heavy metals, cadmium (Cd) is highly toxic to plants and even Cd is considered as one of the most toxic elements released into environments even at very low concentrations due to its non-essentiality nutrient element in living organisms (Ashrafzadeh, 2016; Irfan et al., 2013; Ok et al., 2011). The development of industry and agriculture have led to the increase of Cd content in agricultural soil environment (Gu Jiguang & Zhou Qixing, 2002; Irfan et al., 2013; Lim et al., 2013; Ma et al., 2020; Menglong Xu et al., 2020). Cd is released into the soil environment through application of phosphate fertilizer, animal manures, waste water and garbage from metal industry and cement industry, Cd-contaminated sludge and fertilizer (Ahmad et al., 2012; Jamali et al., 2009; Jiao et al., 2004; Lu &

Tian, 2017; Ma et al., 2020; Menglong Xu et al., 2020, Xiu et al., 2020). Accumulation of Cd to phytotoxic levels in plants may cause growth disorders and yield loss.

Cadmium is characterized by a high degree of mobility in soil. Concentration of it above the critical level can hinder the plant metabolism and may cause cell death by interfering with various biochemical and physiological processes, such as decreased the intracellular space and chloroplasts, stimulated the production of reactive oxygen species (ROS), leading to cell membrane damage and destruction of cell organelles (Changaei et al., 2012; Dandan et al., 2011; Khan et al., 2007; Küpper et al., 2013; Mühling et al., 2003; Poghosyan et al., 2014). Plants growing in Cd-contaminated soil Cd-contaminated food is the main source of Cd entry to humans via the trophic chain. Thus, Cd may be an element with high residue, difficult to degrade and easy to accumulate, which may seriously threaten the health of

human beings and animals. (Adrees et al., 2015; Bedford G., 2017; Benavides et al., 2005; Dai et al., 2012; Huang et al., 2008). Plants have various mechanisms to protect Cd uptake and accumulation in seeds including exclusion at root level, compartmentalization of Cd and formation of stress proteins (Aprile et al., 2019; Bhati et al., 2016; Caverzan et al., 2016; Ci et al., 2010; Clemens et al., 2013; Cuypers et al., 2011; DalCorso et al., 2010; Dandan et al., 2011; Ranieri et al., 2005). Cadmium uptake, translocation and toxicity in plants is also affected by interaction with other mineral nutrients such as Si, Pb, Cu and Zn (Ahmad et al., 2012; Cakmak et al., 2010; Ding Y. F., & Zhu C., 2009; Liang et al., 2007; Li et al., 2020; Lim et al., 2012; Maqsood et al., 2009; Rains et al., 2006).

Cereal crops such as wheat, rice and maize are the main food crops in the world. Among them, wheat is the source of staple food for more than half of the world's population, and the annual world output is about 650 million tons. In other words, wheat food is the main source of Cd intake by human. Compared with other cereals, wheat mainly accumulates Cd through the root system, and migrates to the above-ground part, and finally accumulates in the wheat grain (Chan & Hale, 2004; Hart et al., 2006; Jiang et al., 2004; Kubo et al., 2011). Lopez-Luna J. (2016) reported that Cd is more toxic to wheat than other toxic metals. Cd toxicity reduces the absorption and transport of essential elements in wheat. The root growth and morphology of wheat is seriously affected, resulting in the decrease of plant growth, biomass and grain yield (Black et al., 2014; Ci et al., 2010; Harris et al., 2004; Jiang et al., 2004; Kubo et al., 2011; Lin et al., 2007; Liu et al., 2015; Ranieri et al., 2005; Rizwan et al., 2016; Shafi et al., 2009; Sugiyama et al., 2007; Yourtchi & Bayat, 2014).

The problem must be confronted with reducing Cd-contaminated to be solved urgently. In recent years, agronomic management practices including plant growth regulators (PGRs), mineral nutrients, biochar, fertilizers, compost, crop rotation, cropping patterns, and microorganisms have been used to reduce Cd uptake and toxicity in wheat (Abbas et al., 2017; Bashir et al., 2020; Khedr et al., 2019; Rehman et al., 2018; Wiebe et al., 2013). However, these measures could pose some problems, such as large investment, high energy consumption, difficult operation and easy to produce secondary pollution. (Gondor et al., 2014).

Therefore, it is very important to study the molecular mechanism of absorption, transport and efflux of Cd from wheat and to develop wheat varieties with low Cd accumulation to ensure food safety.

The objective of the present review is to discuss the Cd influence on wheat growth and development, Cd toxicity and tolerance mechanisms and some possible breeding strategies to alleviate Cd toxicity in wheat.

1. Effects of Cd on growth and development of winter wheat plants

1.1. Effects on seed germination and seedling growth of winter wheat

The seed germination and seedling stage are the beginning of plant life cycle. The first organ that comes into contact with Cd in soil is the seed. Therefore, seed germination is the earliest stage to perceive Cd toxicity. In general, low concentration of Cd has little inhibitory effect on seed germination, and even promotes germination of some wheat varieties. With the increase of treatment concentration, Cd had a very strong negative effect on seed germination, which was

inhibiting the growth of shoot and root system of wheat seedlings, and the accumulation of dry matter also decreased. (Zhang et al., 2002). The study showed that the treatment concentration of 0.03 mg/kg Cd promoted the growth and dry matter accumulation of wheat. When the concentration of Cd was over 0.03 mg/kg, the growth and dry matter accumulation of wheat were extremely reduced (Zhang et al., 2002). The accumulation of Cd near the growing point of radicle leads to the inhibition of amylase activity and starch hydrolysis in wheat cotyledon. As a result, the nutrients required for the growth of radicle and hypocotyl are not satisfied and the elongation is inhibited. Sfaxi-Bousbih A. (2010) reported that the transport of mineral elements and carbohydrates from cotyledon to cotyledon and radicle of soybean was inhibited, which affected the germination and growth of seeds.

1.2. Effects of Cd on the growth of plant organs

Cd toxicity increases with the increase of concentration. Within a certain range of concentration, Cd can promote the growth of some plants. However, with the increase of Cd concentration, the growth and development of plants are significantly inhibited by Cd, which is generally manifested as short stature of plants, dechlorination of leaves, slow growth and decline of biomass. Cd affects plant photosynthesis, membrane system, enzyme system in vivo and metabolism related to the physiological activities, which eventually show a decline in growth and yield (Amirjani et al., 2012; Dandan et al., 2011; Huang et al., 2008; Katashi et al., 2017; Khan et al., 2007; Lin et al., 2007; Song&Wang, 2017).

Under Cd toxicity, the reoperation amount and reoperation rate of pre-flowering storage substances in wheat leaves and other vegetative organs were significantly reduced, and the thousand seed weight also decreased with the increase of treatment concentration. Cd toxicity inhibited the differentiation of reproductive organs during the period from young spike phase to heading, resulting in the caryatization and abortion. After heading stage, Cd toxicity interferes with and inhibits the synthesis and accumulation of chlorophyll, soluble sugar, soluble protein and starch in wheat flag leaves, and interferes with the migration and redistribution of nutrients in the wheat (Awan et al., 2019; Jafarnejadi et al., 2018; Khan et al., 2007).

2. Cd uptake, transport and distribution by wheat plant

2.1. Cd absorption by wheat plants

Cadmium is high toxic metal and it effects plant growth and development through a number of mechanisms including water nutritional balance and production of reactive oxygen species (Amirjani, 2012; Liu et al., 2015). Among soil factors, soil salinity could shift the soil-solution chemical equilibrium in favour of more soluble Cd compounds like $CdCl_2$ and $CdCl^+$ thereby enhancing its availability to plants (Li et al., 2014; Liu et al., 2007; Özkutlu & Kara, 2019). The lower adsorbing ability of these species to soil than free Cd^{2+} ions increases Cd mobility at the soil-root interface. Moreover, these complexes can enhance transport of Cd across plasma membrane which results in increased soil-plant transfer of Cd under salinity. It was shown that combined stress of NaCl and Cd caused higher plasma membrane permeability and enhanced production of oxygen radicals and H_2O_2 in comparison to Cd and NaCl treatments alone in wheat (Muhling & Lauchli, 2003; Shafi et al., 2009).

In general, Cd is absorbed into plants through the root system. It was studied that the absorption of Cd by wheat roots at low Cd concentration was an active absorption process, and

the energy required for transport was provided by the hydrolysis of ATP produced in the metabolic process, which was mainly reflected in the highly selective absorption of ions and the energy consumption mechanism (Abedi & Mojiri, 2020). There are various carrier proteins in plant root system, and each ion combines with its corresponding carrier protein (transporter) to form ions. Carrier complexes that transport ions into cells by means of metabolic energy. At high Cd concentrations, Cd absorption is a passive process involving diffusion, ion exchange and chelation. There is a cationic exchange between the internal tissues of the root and the rhizosphere of plants containing cadmium. This part of the absorption of Cd can be without Cd solution desorption from the epidermal cell walls come down. The other part is combined into irreversible macromolecules, and then Cd is absorbed in the root surface. The longer combined into irreversible the higher the proportion of large molecules. The process of diffusion is the process of entering Cd into the cell through the cell wall and cell membrane, which is energy independent and depends on the difference in concentrations of the medium (Greger & Lofstedt, 2004; Huang et al., 2020; Page & Feller, 2015). Root exudates and a series of changes induced by root exudates also affect the uptake of Cd by wheat. The release of root metabolites affect the uptake of Cd in wheat by influencing pH and Cd availability.

In addition, it has been reported that the variation of Cd uptake in over ground part of wheat at different growth stages was as follows: the late growth period was larger than the early growth period, the growth flourishing period was larger than the slow growth period, and the reproductive growth period was larger than the vegetative growth period. The Cd absorption amount and rate jointing stage and heading stage were significantly higher than those in other periods. Cd absorption was significantly positively correlated with dry matter weight gain ($r = 0.91633$), and absorption rate was significantly positively correlated with dry matter weight gain ($r = 0.8003$) (Jiang et al., 2007).

2.2. Cd transport and distribution in wheat

The accumulation of Cd in wheat depends on the transport of Cd from root to stem, while the accumulation of Cd in seeds depends on the transport of Cd from root to stem and the direct transport of Cd from root to stem to grain through the transport of lignin and phloem. (Abedi & Mojiri, 2020; Harris & Taylor, 2004; Hart et al., 2006). Transpiration and root pressure provide the impetus for this process. Concentration of Cd in wheat grains is not determined by the concentration of Cd in xylem, but mainly by the ability of Cd to be transported from xylem to the phloem of the spike. (Abedi & Mojiri, 2020; Riesen & Feller, 2005). Cd could be transported from the applied leaves to other phloem reservoir organs, such as new leaves (Cakmak et al., 2000).

It was found that Cd was transported in the soybean xylem in the form of cationic complex. This may be because xylem has a large number of amino acids and organic acids, and the metal complex formed by its combination with metal ions can avoid the obstacles to the transport of positively charged metal caused by the strong cation exchange ability of xylem cells, thus making it easier to transport. (Cataldo et al., 1988). Citric acid, low molecular weight dicarboxylic anions and inorganic cations in xylem fluid flow can also affect the transport of Cd. Citric acid can promote the transport of Cd in xylem and reduce the transport of Cd out of xylem (Senden et al., 1990; Senden et al., 1995).

Cadmium entry to the plant is possible through the xylem via symplastic transport and through apoplastic transport under high exposure (Dong et al., 2019). The accumulation of Cd in the grain was mainly transported into the grain by the phloem of flag leaves. The Cd in the leaves and stems can be redistributed to the seeds and the Cd in the seeds hardly transports to other parts. It can be speculated that the transport of Cd may be related to the transport of photosynthetic products. The re-transport of Cd into grains is also related to other metal ions. For example, zinc inhibits the phloem loading and transport of Cd, thus reducing the transfer of Cd from phloem transport to grains. J. J. Hart observed that Cd transported to wheat seeds might be related to phloem-mediated Cd transport to the grain (Hart et al. 2006). The phloem is the key Cd transport into wheat seeds. In general cadmium easily reach plants via root uptake and translocation to stems and seeds because of its high mobility (Abedi & Mojiri, 2020).

Cadmium, as mentioned above, enters the plants first through the root system and it is transported to the shoots in an ionic form in the xylem and phloem over transporters and transpiration. Cadmium may cause a wide range of effects on plants, impacts plant metabolism and causes oxidative stress, nutrient uptake disbalance (Huang et al., 2020; Navarro-Leon et al., 2019). Cd can impact the antioxidant defense system of plant organism and induce the formation of reactive oxygen species (ROS), which causes oxidative stress in general, Cd is accumulated in roots or transported to stems, leaves, fruits and other organs after being absorbed by plant from the soil (Ullah Zaid Imdad et al., 2018). However, the accumulation of Cd in plants varies with different parts, varieties, ecotypes and species of the same species. In the same plant object, Cd accumulation caused by roots is usually higher than in stems, leaves, and grains. On the cell level Cd is mainly distributed in the plastids and in the cell wall, and some of it forms carbonate and phosphate precipitation. Leaf, root and stem are easily enriched with Cd in wheat plants, while lower Cd level in seeds is an immovable element, which accumulated more in senescent parts and could not be reused by other non-senescent organs. The filling period and jointing - heading period are the key periods for the control of Cd accumulation. At the early stage of filling, the accumulation of Cd in different organs of wheat is mainly higher in leaves than in stems, leaf sheaths and grains. The accumulated content of leaf in mature stage was higher than that of leaf sheath, grain and stem (Ullah Zaid Imdad et al., 2018).

3. Cd tolerance mechanisms in wheat plant

Under the stress of Cd, it can stimulate the antioxidant defense system of plants, remove O_2^- and H_2O_2 generated under the stress of Cd, maintain the balance of reactive oxygen metabolism, and protect the membrane structure, so as to enable plants to endure, reduce or resist stress injury to a certain extent. Therefore, increasing antioxidant enzyme activity is one of the main mechanisms of tolerance to Cd in plants, including wheat (Muhling & Lauchli, 2003; Khan et al., 2007; Chen et al., 2010; Poghosyan et al., 2014). Antioxidant defense systems include enzymes such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD), and non-enzymes such as ascorbic acid (AsA) and glutathione (GSH). It was used the method of direct stress of Cd on wheat seeds during germination to study that the activities of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) increased with the growth of concentration, and malondialdehyde (MDA) content and cell membrane permeability also showed an increasing trend. The activity of POD and CAT increased with the

increase of stress intensity, which indicated that the protective enzyme system in wheat was changed, which was also the protective response of plants to the adverse environment (Song et al., 2017; Tran & Popova, 2013; Zhao, 2011; Wang et al., 2017). Under the stress of Cd, the function of reactive oxygen radical scavenging system in wheat was reduced, resulting in the accumulation of H₂O₂ in the cells and the decrease of APX and GR activity. Wu et al. (2002) extended their research showing that Cd stress leads to the sharp decline in barley seedling GSH content. It may be a GSH Cd detoxification in great quantities, such as GSH for plant chelating peptide (PC) synthetic substrates, or act as antioxidants in the body by removal of biological active oxygen free radicals and generate oxidized glutathione (GSSG), to show the content. Malondialdehyde (MDA) is one of the main products of membrane lipid peroxidation and its content is an important indicator of the degree or strength of membrane lipid peroxidation. It was shown that MDA content in functional leaves of barley increased under the treatment of Cd, and increased with the extension of the treatment time of Cd. In addition, when the concentration of Cd was higher than 0.1 mol, the stress of Cd would cause the lipid peroxidation in the leaves of barley overground, while the lipid peroxidation was alleviated after a certain period of treatment under the stress of low concentration Cd (Wu et al., 2003).

3.1. Marker-Quantitative trait loci (QTL) analysis for Cd tolerance in wheat

The application of molecular marker-assisted selection in breeding has been paid more and more attention. Early in 1999, it was feasible to identify soybean germplasm using marker-quantitative trait loci (QTL). Bai Yi Xiong (Bai et al., 2019) analyzed the genetic information of 113 barley materials by using QTL method. The development of molecular markers related to Cd accumulation capacity also has a certain basis. Major genes associated with Cd uptake and transport in *Arabidopsis thaliana* have been identified as ABC family (Chen, 2004; Gaillard et al., 2008), HMA family (Craciun et al., 2012; Grispin et al., 2011, Takahashi et al., 2012), Nramp family (Thomine et al., 2003), ZIP family (Barberon M et al., 2014). Understanding the genetic basis and gene composition of Cd absorption of wheat varieties can provide theoretical basis for breeding low Cd accumulation samples. ScOpc20 gene is a dominant marker associated with high Cd content, which is restricted in backcross breeding (Dobrikova et al., 2017; He & Mubeen, 2020; Pozniak, 2010; Rebekić & Lončari, 2016). K. Wiebe developed an EST derived marker (XBF474090) co-isolated from a gene variant of Cd absorbing trait in crops, which has been successfully transformed into co-dominant CAPS marker, USW47 (Wiebe et al., 2010). After digestion of PCR amplification products with restriction enzyme of HpyI88 I, electrophoresis analysis showed that the marker could be used to detect two alleles of Cd absorption trait genes. About 96 wheat samples were successfully divided into low Cd absorption type or high Cd absorption type. Y.-Y. Kim isolated a TM20 gene from the cDNA library of a wheat root, which produced specific Cd (Cd (II) tolerance (Kim et al., 2008). These genes potentially related to Cd accumulation in wheat, which could be further developed to match molecular markers.

It is a new idea to use molecular marker technology to screen germplasm resources. Molecular markers are developed on the presence of abundant polymorphisms in genomic DNA. It is a new and reliable genetic marker that directly reflects the differences of biological individuals at the level of DNA. DNA

molecular markers are not affected by the environment and development stage, and a large number of markers can greatly improve the effectiveness and reliability of cross breeding (He et al., 2020; Grant et al., 2008; Pozniak, 2010).

4. Breeding strategies and possible schemes for Cd low-accumulation winter wheat varieties

Currently the protection of Cd pollution is mainly in some aspects:

- the first: to start from soil treatment, the development of soil improver and Cd inhibitor (Abbas et al., 2017; Bashir et al., 2020);
- the second: to select and breed cultivars with low accumulation of Cd and adjust the overall planting structure (Ullah Zaid Imdad et al., 2018).

Cd pollution hazards can also be controlled through rational management of fields, control of contaminated areas and restricted planting and production. However, these measures could pose some problems, such as large investment, high energy consumption, difficult operation and easy to produce secondary pollution.

Low-Cd wheat varieties are the most effective and economic way to reduce the risk of cadmium to human health associated with food consumption (Shiyu et al., 2017; Vitale et al., 2020). In the traditional selection process, the selection of Cd-tolerant wheat samples is carried out on the basis of morphological, physiological or biochemical characteristics associated with Cd stress. To improve the genetic background of wheat varieties with increased resistance to Cd, intraspecific crosses are usually developed among promising individuals, with subsequent selection in subsequent generations (Ullah Zaid Imdad et al., 2018).

For the analysis of the source material, selection methods such as mass selection, pure line and periodic selection methods can be effectively used to obtain wheat varieties with low Cd content. Advances in genetics and molecular biology have expanded the possibilities for many modern selection methods that ensure wheat stability to Cd.

There are two key molecular approaches for estimating Cd stress in wheat: marker-selected and genomic selection (Randhawa et al., 2013; Wen et al., 2013). Molecular breeding is a new way to select germplasm resources (Bhati et al., 2015; Bhati et al., 2016; Ren et al., 2018; Wiebe et al., 2010). Compared with conventional chemical analysis methods, molecular breeding does not produce secondary pollution and is the most effective and important mode to reduce the accumulation of Cd in agricultural products. Using molecular breeding technology and their successful integration with traditional breeding methods to select crop varieties with low accumulation of Cd will have a potential impact on the development of low Cd wheat germplasm and important practical significance for ensuring safe agricultural production of Cd contaminated soil.

5. Regulatory factors and genes involved in Cd stress response

MicroRNA (miRNA) is an important group of small RNA, which negatively regulates the expression of target genes after transcription by mediating the degradation or translation of target mRNA, and is a new type of expression regulator (Chen et al., 2004; Jian et al., 2018; Knox et al., 2009). Previous studies have found that these Cd-related miRNA can participate in the response to Cd stress through heavy metal transport, sulfur

assimilation, antioxidant stress and auxin signal transduction pathways, and play an important role in the response process of plants to heavy metal stress (Dai et al., 2011; Ding et al., 2009; Mendoza-Soto, A. B. et al., 2012; Min Yang, Z. et al., 2013). For example, miR 159 and miR 67 exert effects through the A B C (ATP-binding cassette) type transporter and Nramp family (Natural Resistance-associated Macrophage Protein) of important proteins that regulate the transport of heavy metal ions respectively (Zhou et al., 2012). MicroRNA-395 is involved in the response to heavy metal Cd and Hg stress by participating in the regulation of sulfate-starved low affinity sulfate transporters and APS1, APS3 and APS4 genes (ATP sulphurylase, APS) (Min Yang, Z. et al., 2013); miR398 plays an important role in the stress response of Cd, Hg, Cu and other heavy metals by targeting two kinds of SOD, namely CSD1 and CSD2 in Cu and Zn superoxide dismutase (Cu, Zn superoxide dis-mutase, CSD) (Min Yang et al., 2013). MicroRNA is at the center of gene expression regulation. In recent years, with the development and application of high-throughput sequencing technology, more and more miRNA related to heavy metals in plants have been cloned and identified.

At present, most of the studies on Cd stress in wheat focus on the selection of varieties resistant to Cd and the physiological and biochemical aspects. With the deepening of the study on the mechanism of Cd accumulation, some genes involved in Cd transport have been discovered in arabidopsis, rice and other plants (Kim et al., 2008; Wang et al., 2006.) Natural resistance associated with macrophage protein (OsNARMP5) is a strongly expressed Cd and Mn transporter in the root of rice. The mutant of OsNARMP5 can significantly reduce the absorption of Cd by the root system of rice, thus reducing the content of Cd in the grain to below 3 % of the control. OsHMA3 of the p1b-atpase subgroup is a heavy metal ion pump mainly expressed in the root of rice, which is located on the vacuole membrane and mediated the enrichment of Cd in the vacuole of rice root cells.

The over-expressed plants can selectively reduce the accumulation of Cd in seeds. Low affinity cationic transport protein (LCT1) is a new transport protein cloned from wheat, which is mainly expressed in the root and leaf of wheat (Wang et al., 2019). After RNA interference with OsLCT1 gene in rice, there was no significant change in xylem mediated Cd translocation. However, phloem-mediated Cd translocation decreased significantly, and the content of Cd in seeds was reduced to half of the control, indicating that it may be involved in the process of

Cd transport from xylem of large vascular bundles to phloem of dispersed small vascular bundles in stem nodes as well as the process of phloem-mediated Cd transport to grains.

The results showed that the study of the genes related to Cd stress played an important role in the development of new varieties of Cd tolerant crops, which laid a foundation for excavating and functional analysis of Cd stress related genes in wheat. Research in this direction provides insight into the screening of functional genes that respond to stress, which can be useful for analyzing and improving the resistance of crops to Cd stresses. Simultaneously, it opens up a new way of high speed, simple operation and low cost for further breeding high Cd tolerance wheat varieties, which is of great significance to improve the grain safety of wheat and promote the sustainable development of agricultural production.

Conclusion. Cd is one of the major inorganic contaminants in the environment. Its presence in the soil or atmosphere has been recognized as a serious threat to agriculture. It is a practical and feasible way to select wheat varieties with low accumulation of Cd to reduce the absorption and accumulation of Cd in crops and thus reduce the content of Cd in agricultural products. In summary, many important achievements have been reported on the injury of Cd to wheat and the tolerance mechanism of Cd to wheat.

However, the effect of Cd on the growth of wheat is very complex. Multiple benefits could be achieved by future critical research efforts including the following:

- More detailed studies are needed to have a better understanding of Cd toxicity in wheat at the molecular level.
- The process and mechanism of the uptake, transport and accumulation of Cd by plants should be clarified, and some of these processes should be artificially regulated to improve the tolerance of plants to Cd pollution or reduce the absorption of Cd.
- If the grain yield of wheat varieties with low Cd absorption is low in the planting process.
- Which genes are activated if wheat is subjected to Cd stress? How these genes work together to synthesize resistant proteins, peptides, amino acids, reducing sugars, and more.
- How to define a physiological index as the standard to measure the resistance and non-resistance to Cd in wheat in many physiological and biochemical reactions?

If the research in these aspects can achieve breakthrough results, it will be another breakthrough direction of soil pollution treatment and utilization.

References:

1. Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., & Bharwana, S. A. (2015). The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(11), 8148–8162. doi: 10.1007/s11356-015-4496-5
2. Ali, S., Bharwana, S. A., Rizwan, M., Farid, M., Kanwal, S., Ali, Q., & Khan, M. D. (2015). Fulvic acid mediates chromium (Cr) tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) through lowering of Cr uptake and improved antioxidant defense system. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(14), 10601–10609. doi: 10.1007/s11356-015-4271-7
3. Bedford, G. (2017). Environmental concentrations of cadmium in the Taranaki environment and implications for policy. In: *Science and policy: nutrient management challenges for the next generation*. (Eds L.D. Currie and M. J. Hedley). [Electronic resource]. Access mode: <http://flrc.massey.ac.nz/publications.html>. Occasional Report No. 30. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand, 7.
4. Clemens, S., Aarts, M.G.M., Thomine S. & Verbruggen, N. (2013). Plant science: The key to preventing low cadmium poisoning. *Trends Plant Sci.*, 18(2), 92–99. doi: 10.1016/j.tplants.2012.08.003
5. Habiba, U., Ali, S., Farid, M., Shakoor, M. B., Rizwan, M., Ibrahim, M. & Ali, B. (2014). EDTA enhanced plant growth, antioxidant defense system, and phytoextraction of copper by *Brassica napus* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(2),

1534–1544. doi: 10.1007/s11356-014-3431-5

6. Rizwan, M., Ali S., Abbas, T., Zia-Ur-Rehman, M., Hannan, F., Keller, C., Al-Wabel, M.I. & Ok, Y. S. (2016). Cadmium minimization in wheat: A critical review. *Ecotoxicol Environ Saf.*, 130, 43–53. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.04.001

7. Ashrafzadeh, S., & Leung, D.W.M. (2016). Development of Cadmium-safe crop cultivars: A Mini Review. *J. Crop Improv.*, 30, 107–117. doi: 10.3390/agronomy8110249

8. Irfan, M., Hayat, S., Ahmad, A., & Alyemeni, M. N. (2013). Soil cadmium enrichment: Allocation and plant physiological manifestations. *Saudi J. Biol. Sci.*, 20, 1–10. doi: 10.1016/j.sjbs.2012.11.004

9. Ok, Y. S., Usman, A. R. A., Lee, S. S., Abd El-Azeem, S. A. M., Choi, B., Hashimoto, Y. & Yang, J. E. (2011). Effects of rapeseed residue on lead and cadmium availability and uptake by rice plants in heavy metal contaminated paddy soil. *Chemosphere*, 85(4), 677–682. doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.06.073

10. Gu, Jiguang & Zhou, Qixing (2002). Management and phytoremediation of cadmium contaminated soil. *Ecological science*, 21(4), 352–356. doi: 10.4172/2155-6199.1000376

11. Lim, J. E., Ahmad, M., Usman, A. R. A., Lee, S. S., Jeon, W. T., Oh, S.-E., & Ok, Y. S. (2012). Effects of natural and calcined poultry waste on Cd, Pb and As mobility in contaminated soil. *Environmental Earth Sciences*, 69(1), 11–20. doi: 10.1007/s12665-012-1929-z

12. Ma, J., Chen, Y., Antoniadis, V., Wang, K., Huang, Y., & Tian, H. (2020). Assessment of heavy metal(loid)s contamination risk and grain nutritional quality in organic waste-amended soil. *Journal of Hazardous Materials*, 399, 23095. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.123095

13. Menglong, X., Yazi, L. Y., Yan, D., Siyuan, Z., Xiaodong, H., Ping, Z., Jieyi, Z., Huaqun, Y., Yili, L., Hongwei, L., Xueduan, L., Lianyang, B., Luhua, J. & Huidan, J. (2020). Bioremediation of cadmium-contaminated paddy soil using an autotrophic and heterotrophic mixture. *Electronic Supplementary Material (ESI) for RSC Advances*. *J. Royal Society of Chemistry*, 44. doi: 10.1039/d0ra03935g

14. Chen, X., Liu, Y. M., Zhao, Q. Y., Cao, W.Q., Chen, X. P., & Zou, C.Q. (2020). Health risk assessment associated with heavy metal accumulation in wheat after long-term phosphorus fertilizer application. *Environmental Pollution*, 262, 114348. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114348

15. Ahmad, M., Usman, A. R. A., Lee, S. S., Kim, S.-C., Joo, J. H., Yang, J. E., & Ok, Y. S. (2012). Eggshell and coral wastes as low cost sorbents for the removal of Pb²⁺, Cd²⁺ and Cu²⁺ from aqueous solutions. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(1), 198–204.

16. Jamali, M. K., Kazi, T. G., Arain, M. B., Afridi, H. I., Jalbani, N., Kandhro, G.A., Shahand, A. Q., & Baig, J. A. (2009). Heavy metal accumulation in different varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in soil amended with domestic sewage sludge. *J. Hazard. Mater.* 164(2–3), 1386–1391. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.09.056

17. Jiao, Y., Grant, C.A., & Bailey, L.D. (2004). Effects of phosphorus and zinc fertilizer on cadmium uptake and distribution in flax and durum wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 84, 777–785. doi: 10.1002/jsfa.1648

18. Lu, C. & Tian, H. (2017). Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: Shifted hot spots and nutrient imbalance. *Earth Syst. Sci. Data*, 9, 1–33. doi:10.5194/essd-9-181-2017

19. Changaei, N. H., Sharifabad, H., Paknejad, F., Ardakani, M. R. & Hamidi A. (2012). Variation in antioxidant enzymes of 11 wheat cultivars from Iran. *Annals Biol. Res.*, 3(6), 3026–3028.

20. Dandan, L., Dongmei, Z., Peng, W., Nanyan, W. & Xiangdong, Z. (2011). Subcellular Cd distribution and its correlation with antioxidant enzyme activities in wheat (*Triticum aestivum*) roots. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 74, 874–881. doi: http://10.1016/j.ecoenv.2010.12.006

21. Khan, N. A., Singh, S., & Nazar, R. (2007). Activities of antioxidative enzymes, sulphur assimilation, photosynthetic activity and growth of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars differing in yield potential under cadmium stress. *J. Agron. Crop Sci.*, 193, 435–444. doi: 10.1626/ppp.14.148

22. Küpper, H., & Leitenmaier, B. (2013). Cadmium-accumulating plants. *Met Ions Life Sci.*, 11, 373–393. doi: 10.1007/978-94-007-5179-8_12.

23. Mühlhling, K. H., & Läuchli, A. (2003). Interaction of NaCl and Cd stress on compartmentation pattern of cations, antioxidant enzymes and proteins in leaves of two wheat genotypes differing in salt tolerance. *Plant Soil*, 253, 219–231.

24. Abbas, T., Rizwan, M., Ali, S., Zia-Ur-Rehman, M., Qayyum, M. F., Abbas, F., Hannan, F., Rinklebe, J., & Ok, Y. S. (2017). Effect of biochar on cadmium bioavailability and uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in a soil with aged contamination. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 140, 37–47. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.02.028

25. Poghosyan, G. H., Mukhaelyan, Zh., H., & Vardevanyan, P. H. Influence of cadmium ions on growth and antioxidant system activity of wheat (*Triticum Aestivum* L.) (2014). Seedlings, *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*, 10, 2, 371–378. doi: 10.12983/ijres-2014-p0371-0378

26. Benavides, M. P., Gallego, S. M., & Tomaro, M. L. (2005) Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 21–34. doi: 10.1590/S1677-04202005000100003

27. Dai, X. P., Feng, L., Ma, X. W., & Zhang, Y. M. (2012). Concentration level of heavy metals in wheat grains and the health risk Assessment to local inhabitants from Baiyin, Gansu, China. *Advanced Materials Research*, 518(523), 951–956. doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.518-523.951

28. Huang, M., Zhou, S., Sun, B., & Zhao, Q. (2008). Heavy metals in wheat grain: Assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China. *Science of The Total Environment*, 405(1–3), 54–61. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.07.004

29. Aprile, A., Sabella, E., Francia, E., Milc, J., Ronga, D., Pecchioni, N., Ferrari, E., Luvisi, A., Vergine, M., & Bellis, L. D. (2019). Combined effect of cadmium and lead on durum wheat. *Int. J. Mol. Sci.*, 20, 5891. doi: 10.1186/s12870-018-1473-4
30. Bhati, K. K., Alok, A., Kumar, A., Kaur, J., Tiwari, S., & Pandey, A. K. (2016). Silencing of ABC13 transporter in wheat reveals its involvement in grain development, phytic acid accumulation and lateral root formation. *J. Exp. Bot.*, 67, 4379–4389. doi: 10.1093/jxb/erw224
31. Caverzan, A., Casassola, A., & Brammer, S. P. (2016). Antioxidant responses of wheat plants under stress. *Genet Mol Biol.*, 39(1), 1–6. doi: 10.1590/1678-4685-GMB-2015-0109
32. Ci, W., Jiang, D., Wollenweber, B., Dai, T., Jing, Q. & Cao, W. (2010). Cadmium stress in wheat seedlings: growth, cadmium accumulation and photosynthesis. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32(2), 365–373. doi: 10.1007/s11738-009-0414-0
33. Cuypers, A., Smeets, K., Ruytinx, J., Opdenakker, K., Keunen, E., Remans, T., Horemans, N., Vanhoudt, N., Van Sanden, S., Van Bellegghem, F., Guisez, Y., Colpaert, J., & Vangronsveld, J. (2011). The cellular redox state as a modulator in cadmium and copper responses in *Arabidopsis thaliana* seedlings. *J. Plant Physiol.*, 168, 309–316. doi: 10.1016/j.jplph.2010.07.010
34. DalCorso, G., Farinati, S., & Furini, A. (2010). Regulatory networks of cadmium stress in plants. *Plant Signal. Behav.*, 5, 663–667. doi: 10.4161/psb.5.6.11425
35. Ranieri, A., Castagna, A., Scebba, F., Careri, M., Zagnoni, I., Predieri, G., Pagliari, M., & di Toppi, L. S. (2005). Oxidative stress and phytochelatin characterisation in bread wheat exposed to cadmium excess. *Plant Physiol. Biochem.*, 43, 45–54. doi: 10.1016/j.plaphy.2004.12.004
36. Cakmak, I., Welch, R. M., Erenoglu, B., Römheld, V., Norvell, W. A., & Kochian, L. V. (2000). Influence of varied zinc supply on re-translocation of cadmium (109cd) and rubidium (86rb) applied on mature leaf of durum wheat seedlings. *Plant and Soil*, 219(1-2), 279-284. doi: 10.1023/A:1004777631452
37. Ding, Y. F. & Zhu, C. (2009). The role of micrnas in copper and cadmium homeostasis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 386(1), 6–10. doi: 10.1016/j.bbrc.2009.05.137
38. Li, L., Zhang, Y., Ippolito, J. A., Xing, W., Qiu, K. & Wang, Y. (2020). Cadmium foliar application affects wheat Cd, Cu, Pb and Zn accumulation. *Environmental Pollution (Barking, Essex:1987)*, 262, 114329. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114329.
39. Maqsood, M. A., Rahmatullah, S., Kanwal, T. Aziz & Ashraf, M. (2009). Evaluation of Zn distribution among grain and straw of twelve indigenous wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Pak. J. Bot.*, 41(1), 225–231.
40. Rains, D. W., E. Epstein, Zasoski, R. J. & Aslam, M. (2006). Active silicon uptake by wheat. *Plant Soil*, 280, 223–228. doi: 10.1007/s11104-005-3082-x
41. Chan, D. Y. & Hale, B. A. (2004). Differential accumulation of Cd in durum wheat cultivars: uptake and re-translocation as sources of variation. *J. Exp. Bot.*, 55, 2571–2579. doi: 10.1093/jxb/erh255
42. Hart, J. J., Welch, R. M., Norvel, W. A. & Kochian, L. V. (2006). Characterization of cadmium uptake, translocation and storage in near-isogenic lines of durum wheat that differ in grain cadmium concentration. *New Phytologist.*, 172, 261–271. doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01832.x
43. Jiang, L., Shao, Y., Li, C X, Li, X. L., Lu, X.Y, & Ma, S. C. (2004). Study on the absorption, distribution and accumulation of cadmium in wheat plants. *Henan agricultural sciences*, 33(7), 13–17. (in Chinese with English abstract)
44. Kubo, K., Watanabe Y., Matsunaka, H., Seki, M., Fujita, M., Kawada, N., Hatta, K., & Nakajima, T. (2011). Differences in cadmium accumulation and root morphology in seedlings of Japanese wheat varieties with distinctive grain cadmium concentration. *Plant Production Sci.*, 14, 148–155. doi: 10.1626/pp.14.148
45. López-Luna, Jaime, Silva-Silva, M. J., Martínez-Vargas, Sergio, Mijangos-Ricárdez, Oscar, Gonzalez, Chavez, Ma del Carmen; Solís-Domínguez, F.A. & Cuevas-Díaz, M. C. (2016). Magnetite nanoparticle (NP) uptake by wheat plants and its effect on cadmium and chromium toxicological behavior. *Science of The Total Environment*, 565. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.029
46. Black, A., McLaren, R. G., Speir, T. W., Clucas, L. & Condon, L. M. (2014). Gradient differences in soil metal solubility and uptake by shoots and roots of wheat (*T. aestivum*). *Biol. Fertil. Soils.*, 50, 685–694. doi: 10.1007/s00374-013-0886-3
47. Ci, D., Jiang, D., Dai, T., Jing, Q. & Cao, W. (2009). Effects of cadmium on plant growth and physiological traits in contrast wheat recombinant inbred lines differing in cadmium tolerance. *Chemosphere*, 77, 1620–1625. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.08.062
48. Harris, N. J. & Taylor, G. J. (2004). Cadmium uptake and translocation in seedlings of near isogenic lines of durum wheat that differ in grain cadmium accumulation. *BMC Plant Biol.*, 4, 4–15. doi: 10.1186/1471-2229-4-4
49. Lin, R., Wang, X., Luo, Y., Du, W., Guo, H., & Yin, D. (2007). Effects of soil cadmium on growth, oxidative stress and antioxidant system in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). *Chemosphere*, 69, 89–98. doi: 10.1016/j.chemosphere.2007.04.041
50. Liu, K., He, L.V. J., Zhang, W., Cao, H. & Dai, Y. (2015). Major factors influencing cadmium uptake from the soil into wheat plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113, 207–213.
51. Rizwan, M., Meunier, J.-D., Davidian, J.-C., Pokrovsky, O., Bovet, N., & Keller, C. (2016). Silicon alleviates Cd stress of wheat seedlings (*Triticum turgidum* L. cv. Claudio) grown in hydroponics. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23, 1414–1427. doi: 10.1007/s11356-015-5351-4
52. Shafi, M., Bakht, J., Hassan, M. J., Raziuddin, M. & Zhang, G. (2009). Effect of cadmium and salinity stresses on growth and antioxidant enzyme activities of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bull Environ. Contam. Toxicol.*, 82, 772–776. doi: 10.1007/s00128-009-9707-7
53. Sugiyama, M., Ae, N. & Arai, T. (2007). Accumulation of large amounts of Cd in the root may limit the accumulation of Cd in edible above-ground portions of the plant. *Plant Soil*, 295, 1–11. doi: 10.3390/ijerph13030289
54. Yourtchi, M. S., & Bayat, H. (2014). Effect of cadmium toxicity on growth, cadmium accumulation and macronutrient content

of durum wheat (Dena CV.). Middle East Journal of Applied Sciences, 4(4), 1110–1117.

55. Bashir, A., Rizwan, M., Rehman, M.Z.U., Zubair, M., Riaz, M., Qayyum, M. F., Alharby, H. F., Bamagoos, A. A., & Ali, S. (2020). Application of co-composted farm manure and biochar increased the wheat growth and decreased cadmium accumulation in plants under different water regimes. *Chemosphere*, 246, 125809. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125809

56. Khedr, M. E., Nasseem, M. G., Ali, W. H., & Rashad, M. A. (2019). Compost and vermicompost as soil amendments to immobilize Cu and Cd under wheat growth conditions. *Alex. Sci. Exch. J.*, 40, 705–716. doi: 10.21608/AEJAIQJSAE.2019.68390

57. Rehman, M.Z.U.; Rizwan, M.; Hussain, A.; Saqib, M.; Ali, S.; Sohail, M. I.; Shafiq, M. & Hafeez, F. (2018). Alleviation of cadmium (Cd) toxicity and minimizing its uptake in wheat (*Triticum aestivum*) by using organic carbon sources in Cd-spiked soil. *Environ. Pollut.*, 241, 557–565. doi: 10.1016/j.envpol.2018.06.005

58. Wiebe, K., Harris, M. S., Faris, J. D., Clarke, J. M., Knox, R. E., Taylor, G. J., & Xiao, Chunwen, Luo, Xiuyun, Tian, Yun, & Lu, Xiangyang. (2013). Research progress on bioremediation of heavy metal cadmium pollution. *Chemical and biological engineering*, 30(8), 1–4. doi: 10.11707/j.1001-7488.20170517

59. Gondor, O.K., Szalai, G., Kovács, V., Janda, T., & Pál, M. (2014). Impact of UV-B on drought-or cadmium-induced changes in the fatty acid composition of membrane lipid fractions in wheat. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 108, 129–134. doi: 10.1016/j.ecoenv.2014.07.002

60. Zhang, G., Fukami, M. & Sekimoto, H. (2002). Difference between two wheat cultivars in Cd and mineral nutrient uptake under different Cd levels. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 4, 454–458.

61. Sfaxi-Bousbih, A., Chaoui, A. & El Ferjani, E. (2010). Cadmium impairs mineral and carbohydrate mobilization during the germination of bean seeds. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(6), 1123–1129. doi: 10.1016/j.ecoenv.2010.01.005.

62. Huang, X., Duan, S., Wu, Q., Yu, M., & Shabala, S. (2020). Reducing Cadmium accumulation in plants: structure–function relations and tissue-specific operation of transporters in the spotlight. *Plants*, 9, 223. doi: 10.3390/plants9020223

63. Kubo, K., Kobayashi, H., Fujita, M., Ota, T., Minamiyama, Y., Watanabe, Y., Nakajima, T., & Shinano, T. (2016). Varietal differences in the absorption and partitioning of cadmium in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 124(79). doi: 10.1016/j.envexpbot.2015.12.007

64. Song, Y.; Jin, L.; & Wang, X. (2017). Cadmium absorption and transportation pathways in plants. *Int. J. Phytoremediat.*, 19, 133–141. doi: 10.1080/15226514.2016.1207598

65. Jafarnejadi, A., Shokohfar, A., & Panahpoor, E. (2018). Evaluation of Cd Concentration in Wheat Crop Affected by Cropping System. *Jundishapur Journal of Health Sciences*. doi: 10.5812/jjhs.14400

66. Amirjani, M. R. (2012). Effects of cadmium on wheat growth and some physiological factors. *Intl. J. Forest, Soil and Erosion.*, 22(1), 50–58.

67. Li, Y., Wang, L., Yang, L. & Li, H. (2014). Dynamics of rhizosphere properties and antioxidative responses in wheat under cadmium stress. *Ecotoxicology and Environmental Safe*, 102, 55–61.

68. Liu, Q., Tjoa, A., & Römheld, V. (2007). Effects of chloride and co-contaminated zinc on cadmium accumulation. *Bull. of Environment Cont. and Toxicol.*, 79(1), 62–65.

69. Özkutlu, F. & Kara, Ş. (2019). Cd concentration of durum wheat grain as influenced by soil salinity. *Akademik Ziraat Dergisi.*, 97-100. doi: 10.29278/azd.593833

70. Shafi, M., Bakht, J., Guoping, Z., Din, M. R., Islam, E., & M. Aman. (2010). Effect of cadmium and salinity stresses on root morphology of wheat. *Pak. J. Bot.*, 42, 2747–2754.

71. Abedi, T., & Mojiri, A. (2020) Cadmium uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.): An Overview. *Plants.*, 9, 500. doi: 10.3390/plants9040500

72. Greger, M. & Lofstedt, M. (2004). Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat. *Crop Sci.*, 44, 501–507 doi: 10.2135/cropsci2004.5010

73. Riesen, O. & Feller, U. (2005). Redistribution of nickel, cobalt, manganese, zinc, and cadmium via the phloem in young and maturing wheat. *J. plant Nutr.*, 28, 421–430. doi: 10.1081/PLN-200049153

74. Page, V., & Feller, U. (2015). Heavy Metals in Crop Plants: Transport and Redistribution Processes on the Whole Plant Level. *Agronomy*. 2015, 5, 447–463. doi: 10.3390/agronomy503044

75. Cataldo, D. A., McFadden, K. M., Garland, T. R., & Wildung, R. E. (1988). Organic constituents and complexation of Nickel(II), Iron(III), Cadmium(II), and plutonium(IV) in soybean xylem exudates. *Plant Physiology*, 86(3), 734–739. doi: 10.1104/pp.86.3.734

76. Senden, M. H. M. N., Vand der Meer, A.J.G.M., Verburg, T. G., & Wolterbeek, H. T. (1994). Effects of cadmium on the behaviour of citric acid in isolated tomato xylem cell walls. *Journal of Experimental Botany*, 45(5), 597–606. doi: 10.1093/jxb/45.5.597

77. Senden, M. H. M. N., Vand der Meer, A. J. G. M., Verburg, T. G., & Wolterbeek, H. T. (1995). Citric acid in tomato plant roots and its effect on cadmium uptake and distribution. *Plant and Soil*, 171 (2), 333–339. [Electronic resource]. Access mode: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00010289>

78. Dong, Q., Fangm, J., Huang, F., & Cai, K. (2019). Silicon amendment reduces soil cd availability and cd uptake of two pennisetum species. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 1624. doi: 10.3390/ijerph16091624

79. Navarro-Leon, E.; Oviedo-Silva, J.; Ruiz, J.M., & Blasco, B. (2019). Possible role of HMA4a TILLING mutants of Brassica rapa in cadmium. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 180, 88–94. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.04.081

80. Ullah Zaid, Imdad & Zheng, Xin & Li, Xiaofang (2018). Breeding low-cadmium wheat: progress and perspectives. *Agronomy*, 8, 249. doi: 10.3390/agronomy8110249.

81. Tran, T. A. & Popova, L. P. (2013). Functions and toxicity of cadmium in plants: Recent advances and future prospects.

Turk. J. Bot., 37, 1–13. doi: 10.3906/bot-1112-16

82. Zhao, Y. (2011). Cadmium accumulation and antioxidant defence in leaves of *Triticum aestivum* L. and *Zea mays* L. African J. Biotechnol., 10(15), 2936–2943. doi: 10.5897/AJB10.1230

83. Wang, Z., Li, Q., Wu, W., Guo, J., & Yang, Y. (2017). Cadmium stress tolerance in wheat seedlings induced by ascorbic acid was mediated by NO signaling pathways. Ecotoxicol. Environ. Saf., 135, 75–81. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.09.013

84. Wu, F., Zhang, G., & Dominy, P. (2003). Four barley genotypes respond differently to cadmium: lipid peroxidation and activities of antioxidant capacity. Environmental and Experimental Botany, 50(1), 67–78. doi: 10.1016/S0098-8472(02)00113-2

85. Bai, Yi Xiong, Zheng, Xue Qing, Yao, You Hua, Yao, Xiao Hua, & Wu, Kun Lun (2019). Genetic diversity analysis and comprehensive evaluation of phenotypic traits in hullless barley germplasm resources. Scientia Agricultura Sinica 52(23), 4201–4214. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2019.23.002

86. Chen, X. (2004). A MicroRNA as a Translational Repressor of APETALA2 in Arabidopsis Flower Development. Science, 303(5666), 2022–2025. doi: 10.1126/science.1088060

87. Gaillard, S., Jacquet, H., Vavasseur, A., Leonhardt, N. & Forestier, C. (2008). AtMRP6/AtABCC6, an ATP-Binding cassette transporter gene expressed during early steps of seedling development and up-regulated by cadmium in *Arabidopsis thaliana*. BMC Plant Biol., 8(22). doi: 10.1186/1471-2229-8-22

88. Craciun, A. R., Meyer, C.-L., Chen, J., Roosens, N., De Groot, R., Hilson, P., & Verbruggen, N. (2012). Variation in HMA4 gene copy number and expression among *Noccaea caerulea* populations presenting different levels of Cd tolerance and accumulation. Journal of Experimental Botany, 63(11), 4179–4189. doi: 10.1093/jxb/ers104

89. Grispen, V. M. J., Hakvoort, H. W. J., Blik, T., Verkleij, J. A. C., & Schat, H. (2011). Combined expression of the Arabidopsis metallothionein MT2b and the heavy metal transporting ATPase HMA4 enhances cadmium tolerance and the root to shoot translocation of cadmium and zinc in tobacco. Environmental and Experimental Botany, 72(1), 71–76. doi: 10.1016/j.envexpbot.2010.01.005

90. Takahashi, R., Ishimaru, Y., Shimo, H., Ogo, Y., Senoura, T., Nishizawa, N. K., & Nakanishi, H. (2012). The OsHMA2 transporter is involved in root-to-shoot translocation of Zn and Cd in rice. Plant, Cell & Environment, 35(11), 1948–1957.

91. Dobrikova, A. G., Yotsova, E. K., Borner, A., Landjeva, S. P. & Apostolova, E. L. (2017). The wheat mutant DELLA-encoding gene (Rht-B1c) affects plant photosynthetic responses to cadmium stress. Plant Physiol. Biochem., 114, 10–18. doi: 10.1016/j.plaphy.2017.02.015

92. Pozniak, C. J. (2010). Targeted mapping of Cdu1, a major locus regulating grain cadmium concentration in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum). Theoretical and Applied Genetics, 121(6), 1047–1058. doi: http://10.1007/s00122-010-1370-1

93. Rebecić, A. & Lončarić, Z. (2016). Genotypic difference in cadmium effect on agronomic traits and grain zinc and iron concentration in winter wheat. Emir. J. Food Agric., 28, 772–778. doi: 10.9755/ejfa.2016-05-475.

94. He, C., Ding, Z., Mubeen, S., Guo, X., Fu Hi., & Xin, G. (2020). Evaluation of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars as sensitive Cd biomarkers during the seedling stage. Peerj., 8. doi: 10.7717/peerj.8478.

95. Thomine, S., Lelièvre, F., Debarbieux, E., Schroeder, J. I., & Barbier-Brygoo, H. (2003). AtNRAMP3, a multispecific vacuolar metal transporter involved in plant responses to iron deficiency. The Plant Journal, 34(5), 685–695. doi: 10.1046/j.1365-313x.2003.01760.x

96. Barberon, M., Dubeaux, G., Kolb, C., Isono, E., Zelazny, E., & Vert, G. (2014). Polarization of iron-regulated transporter 1 (irt1) to the plant-soil interface plays crucial role in metal homeostasis. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(22), 8293–8298. doi: 10.1073/pnas.1402262111

97. Kim, Y.-Y., Kim, D.-Y., Shim, D., Song, W.-Y., Lee, J., Schroeder, J. I., & Lee, Y. (2008). Expression of the novel wheat gene tm20 confers enhanced cadmium tolerance to bakers' yeast. Journal of Biological Chemistry, 283(23), 15893–15902. doi: 10.1074/jbc.M708947200

98. Grant, C. A., Clarke, J. M., Duguid, S., & Chaney, R. L. (2008). Selection and breeding of plant cultivars to minimize cadmium accumulation. Sci. Total Environ., 390(2–3), 301–310. doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.10.038

99. Wang, S., Wu, W., Liu, F., Liao, R. & Yaqi, Hu. (2017). Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn. Environmental Science and Pollution Research, 24(2), 18, 15209–15225. doi: 10.1007/s11356-017-8909-5

100. Vitale, J., Adam, B. & Vitale, P. (2020). Economics of wheat breeding strategies: focusing on oklahoma hard red winter wheat. Agronomy, 10, 238. doi: 10.3390/agronomy10020238

101. Randhawa, H. S., Asif, M., Pozniak, C., Clarke, J.M., Graf, R. J., Fox, S. L., Humphreys, D. G., Knox, R. E., DePauw, R. M. & Singh, A. K. (2013). Application of molecular markers to wheat breeding in Canada. Plant Breed., 132, 458–471.

102. Wen, W., Deng, Q., Jia, H., Wei, L., Wei, J., Wan, H., Yang, L., Cao, W. & Ma, Z. (2013). Sequence variations of the partially dominant DELLA gene Rht-B1c in wheat and their functional impacts. J. Exp. Bot., 64, 3299–3312. doi: 10.1093/jxb/ert183

103. Bhati, K. K., Aggarwal, S., Sharma, S., Mantri, S., Singh, S. P., Bhalla, S., Kaur, J., Tiwari, S., Roy, J. K., Tuli, R. & Pandey, A. K. (2014). Differential expression of structural genes for the late phase of phytic acid biosynthesis in developing seeds of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Sci., 224, 74–85. doi: 10.1016/j.plantsci.2014.04.009

104. Bhati, K. K., Sharma, S., Aggarwal, S., Kaur, M., Shukla, V., Kaur, J., Mantri, S. & Pandey, A. K. (2015). Genome-wide identification and expression characterization of ABCC-MRP transporters in hexaploid wheat. Front. Plant Sci., 6, 488. doi: 10.3389/fpls.2015.00488

105. Ren, Y., Chen, Y., An, J., Zhao, Z., Zhang, G., Wang, Y., & Wang, W. (2018). Wheat expansin gene TaEXPA2 is involved in conferring plant tolerance to Cd toxicity. Plant Sci., 270, 245–256. doi: 10.1016/j.plantsci.2018.02.022

106. Jian, H., Yang, B., Zhang, A., Ma, J., Ding, Y., Chen, Z., Li, J., Xu, X. & Liu, L. (2018). Genome-Wide Identification of

MicroRNAs in Response to Cadmium Stress in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Using High-Throughput Sequencing. *Int. J. Mol. Science*, 19, 1431. doi: 10.3390/ijms19051431

107. Knox, R. E., Pozniak, C. J., Clarke, F. R., Clarke, J. M., Houshmand, S., & Singh, A. K. (2009). Chromosomal location of the cadmium uptake gene (*Cdu1*) in durum wheat. *Genome*, 52, 741–747. doi: 10.1139/G09-042

108. Dai, X., & Zhao, P. X. (2011). Psmnarget: A plant small RNA target analysis server. *Nucleic. Acids Res.*, 39, 155–159. doi: 10.1093/nar/gkr319

109. Mendoza-Soto, A. B., Sánchez, F., & Hernández, G. (2012). MicroRNAs as regulators in plant metal toxicity response. *Frontiers in Plant Science*, 3(105), 105. doi: 10.3389/fpls.2012.00105

110. Min Yang, Z. & Chen, J. (2013). A potential role of micromas in plant response to metal toxicity. *Metallomics*, 5(9), 1184. doi: 10.1039/c3mt00022b

111. Zhou, Z. S., Song, J. B., & Yang, Z. M. (2012). Genome-wide identification of *Brassica napus* microRNAs and their targets in response to cadmium. *Journal of Experimental Botany*, 63(12), 4597–4613. doi: 10.1093/jxb/ers136

112. Wang, F., Wang, Z., & Zhu, C. (2012). Heteroexpression of the wheat phytochelatin synthase gene (*TaPCS1*) in rice enhances cadmium sensitivity. *Acta Biochim. Biophys. Sin.*, 44, 886–893. doi: 10.1093/abbs/gms073

113. Wang, J., Mao, X., Wang, R., Li, A., Zhao, G., Zhao, J., & Jing, R. (2019). Identification of wheat stress-responding genes and *TaPR-1-1* function by screening a cDNA yeast library prepared following abiotic stress. *Sci Rep.*, 9, 141. doi: 10.1038/s41598-018-37859-y

Ву Люлю, аспірант, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Жатова Г. О., кандидат сільськогосподарських наук, професор, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ОСНОВИ СТВОРЕННЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ З НИЗЬКИМ РІВНЕМ НАКОПИЧЕННЯ КАДМІЮ

Серед важких металів кадмій (*Cd*) є вкрай токсичним для рослин і вважається одним із найбільш небезпечних елементів, що потрапляють у навколишнє середовище, навіть за низьких концентрацій. Розвиток промисловості й сільськогосподарства призвели до збільшення вмісту *Cd* у довкіллі та у ґрунтах сільськогосподарського призначення. *Cd* потрапляє у ґрунтове середовище при внесенні фосфорних добрив, гною, стічних вод тощо. Кадмій є другорядним елементом для росту рослин і відзначається високою токсичністю, що може серйозно впливати на ріст і розвиток рослин. Через високу мобільність кадмію в ґрунті, за концентрації цього металу вище критичного рівня може спостерігатися порушення росту й uszkodження клітин через аномалії біохімічних і фізіологічних процесів. Накопичення кадмію до фітотоксичного рівня призводить до зниження продуктивності рослин і втрат врожаю. Рослини, які ростуть в ґрунті, забрудненому кадмієм, є основним джерелом надходження *Cd* до організму людини.

Пшениця, рис і кукурудза є основними світовими продовольчими культурами. Серед них пшениця – основне джерело продуктів харчування для більш ніж половини населення світу. Порівняно з іншими важкими металами, кадмій легше засвоюється і накопичується пшеницею, що представляє небезпечну загрозу для здоров'я людини. Саме продукти з пшениці є основним джерелом споживання *Cd* людиною. Рослини пшениці, в основному, накопичує *Cd* через кореневу систему, потім метал мігрує у надземну частину і, нарешті, накопичується у насінні рослини. Для зниження інтенсивності поглинання кадмію й токсичності рослин пшениці були спроби використовувати методи агрономічного менеджменту. Однак ці заходи можуть створювати деякі проблеми, а саме: великі капіталовкладення, високе споживання енергії, складність у застосуванні й вторинне забруднення.

Сорти пшениці зі здатністю до низької акумуляції кадмію є найбільш ефективним й економічно доцільним способом зниження ризику надходження цієї речовини в організм людини, пов'язаного зі споживанням харчових продуктів. В традиційній селекції відбір зразків пшениці, стійких до накопичення кадмію, здійснюється на основі морфологічних, фізіологічних або біохімічних показників, пов'язаних з *Cd*-стресом. Велике значення має вивчення молекулярного механізму абсорбції, й транспорту *Cd* у рослинах пшениці та створення сортів культури із низьким накопиченням цього металу для продовольчої безпеки людини.

Використання методів молекулярної селекції та їх успішна інтеграція з традиційними методами для створення сортів сільськогосподарських культур з низьким накопиченням *Cd* матиме важливе практичне значення для безпечного використання сільськогосподарських ґрунтів, забруднених *Cd*. Мета цього огляду – обговорити вплив кадмію на ріст і розвиток пшениці, механізми токсичності й толерантності до кадмію, а також деякі можливі стратегії селекції культури щодо підвищення толерантності та зниження акумуляції цього елементу. У статті розглядається вплив кадмію на ріст і розвиток рослин, особливості поглинання, перенесення й розподілу кадмію у пшениці, механізми толерантності та молекулярно-біологічні аспекти. Представлено стратегії та можливі схеми селекції створення сортів пшениці з низьким накопиченням кадмію.

Ключові слова: пшениця, кадмій; поглинання; транспорт; розподіл; механізм толерантності; молекулярні механізми.

Дата надходження до редакції: 29.01.2020 р.