

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)

# ВІСНИК СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ  
Виходить 4 рази на рік

Серія "Агрономія і біологія"  
Випуск 2 (40), 2020

<b>Верещакін І. В., Кандиба Н. М.</b> Насіння конопель ( <i>Cannabis sativa</i> L.) як джерело незамінних харчових компонентів .....	3
<b>Жатова Г. О., Коваленко М. О.</b> Біологічна характеристика культури сорго .....	14
<b>Кохановський В. М., Барна М. М.</b> Дефініція терміна «декоративна дендрологія» .....	23
<b>Мєдведєва І. В., Козловський М. П.</b> Функціональна організація угруповань ґрунтових нематод ялини у первинних екосистемах .....	30
<b>Мельник А. В., Романько Ю. О., Бруньов М. І., Сороколіт Є. М., Кубрак Т. М.</b> Ріст та розвиток нуту в умовах північно-східного Лісостепу України .....	38
<b>Подгаєцький А. А., Кравченко Н. В., Крючко Л. В., Ставицький А. А.</b> Життєздатність беккросованого насіння картоплі різного строку зберігання під впливом іонізуючого опромінення .....	47
<b>Собран В. М.</b> Норма реакції селекційного матеріалу картоплі за випробування в умовах Українських Карпат .....	55
<b>Тихонова О. М., Кирильчук К. С., Шаповал В. П.</b> Дослідження валового вмісту нікелю та арсену у смугах відведення автошляхів м. Суми .....	62
<b>Троценко В. І., Кабанець В. М., Яценко В. М., Колосок І. О.</b> Моделі формування продуктивності соняшнику та їх ефективність в умовах північно-східного Лісостепу України .....	72
<b>Cao Zhishan, Vlasenko Volodymyr, Li Weihai</b> Development of biological control of oriental fruit moth and insect immune response induced by entomopathogenic fungi .....	79

**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 № 5 від 26.10.2020 р.)

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

Тираж 300 пр.  
Зам. № 9.

© Сумський національний  
аграрний університет, 2020

НАСІННЯ КОНОПЕЛЬ (*CANNABIS SATIVA L.*) ЯК ДЖЕРЕЛО НЕЗАМІННИХ ХАРЧОВИХ КОМПОНЕНТІВ

Верещагін Ігор Володимирович

кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-6589-5138  
igor\_vereschahin1986@ukr.net

Кандиба Наталія Миколаївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-6548-3670  
natnik08@meta.ua

У статті викладено результати аналізу літературних джерел, що містять дані досліджень про жирнокислотний склад олії конопель посівних (*Cannabis sativa L.*). На сьогоднішній день коноплі посівні впевнено займають сегмент ринку харчових продуктів, збільшуючи їх асортимент. З давніх часів коноплі слугували джерелом волокна, з якого виготовляли тканий одяг, а насіння вживали в їжу. Пізніше у районах коноплярства з насіння культури відобували поживну олію.

У XX столітті дослідники звернули увагу на олію конопель і детально описали її жирнокислотний склад. Наявність в олії конопель поліненасичених кислот ( $\omega$ -3), зокрема лінолевої, ставить цю культуру в ряд найбільш цінних. Також було виявлено цілий комплекс інших жирних кислот, таких як пальмітинова, пальмітолеїнова, стеаринова, олеїнова, ліноленова,  $\gamma$ -ліноленова, арахідонова, бегенова, лігноцеринова та ін. Згідно даних різних авторів, сучасні сорти конопель, як вітчизняної, так і зарубіжної селекції, відзначаються різним співвідношенням жирних кислот в олії, при цьому переважають ненасичені кислоти. Лінолева, ліноленова та арахідонова жирні кислоти (або вітамін F) запобігають відкладанню холестерину в артеріях, забезпечують здоровий стан шкіри і волосся, позитивно впливають на активність залоз внутрішньої секреції, допомагають знизити масу тіла, спалюючи насичені жири. Вказані жирні кислоти є джерелом утворення в організмі біологічно активних речовин – простагландинів. Особливо цінним у конопляній олії є наявність лінолевої, ліноленової та гамма-ліноленової кислот. Ці важливі кислоти у значних кількостях зустрічаються у природі досить рідко. В кількісному складі співвідношення гліцеридів цих кислот у конопляній олії становить 3 : 1 (56 лінолевої та 19 % ліноленової). Найбільш важливою фізіологічною дією поліненасичених жирних кислот є сильний протисклеротичний ефект, здатність знижувати холестерин у крові, зменшувати зростання і навіть розсмоктувати атеросклеротичні бляшки. Вживання  $\alpha$ -ліноленової кислоти запобігає окисленню ліпідів клітинних мембран, резистентності до інсуліну, сприяє нормальному розвитку плоду, процесам росту, правильному розвитку головного мозку, органів зору, статевих залоз, поліпшує біохімію нервової системи, роботу синапсів, передачу нервових імпульсів, мозкову активність, регулювання артеріального тиску та рівень холестерину в крові. Також у статті висвітлено питання агрономічної характеристики плоду конопель та особливості процесів ліпідотворення.

**Ключові слова:** коноплі, олія, жирні кислоти, сорт, йодне число, кислотне число.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.1>

**Вступ.** Серед сучасних розробок у сфері харчування є створення нових продуктів з підвищеною харчовою цінністю і функціональною спрямованістю. Нині все більш перспективним джерелом таких продуктів є луб'яні культури. Одним із традиційних видів рослинної сировини є коноплі посівні – *Cannabis sativa L.*

Історія культивування і вжитку продукції конопель людиною налічує декілька тисяч років. Ще на світанку людської цивілізації з волокна цієї культури виготовляли тканий одяг, а насіння вживали в їжу як поживний продукт. З розвитком сільського господарства та промисловості у виробництво було введено надзвичайно багато нових олійних і прядивних культур, таких як соняшник, ріпак, бавовник, котрі значно відтіснили традиційні для багатьох країн коноплі посівні (Virovets et al., 2011; Virovets, 2015; Small & Marcus, 2002; Andre et al., 2016; Baldini et al., 2018; Bonini et al., 2018; Crescente et al., 2018). Також значну негативну роль зіграло розповсюдження такого гострого соціального явища як наркоманія, що призвело до значного скорочення посівних площ. Створення високопродуктивних сортів з відсутністю наркотичних сполук

науковцями Інституту луб'яних культур НААН України відкрило нові можливості до використання даної культури (Vocha et al., 2005; Virovets, 2015; Moher et al., 2015).

Сьогодні коноплі знову набувають популярності і привертають увагу дослідників та виробників. На сучасному ринку рослинної продукції вони займають місце технічної сировини, що слугує для задоволення різноманітних потреб. Волокно посівних конопель використовується для виготовлення модельного та робочого одягу, взуття, ортопедичних матраців та подушок, матеріалів для внутрішнього оздоблювання автомобілів, а також канатів, парусини та брезенту. Насіння конопель використовують як посівний матеріал, високобілковий корм (макуха, шрот) для худоби, птиці та риби. В останні роки у ряді країн (Канада, Франція) при вирощуванні конопель перевага надається сортам з високою врожайністю насіння (Virovets et al., 2011; Marchenko, 2015; Hazekamp et al., 2016; Baldini et al., 2018, Leonard et al., 2019; Johnson, 2019; Johnson, 2019; Spano et al., 2020).

Посередництвом теоретичного розгляду літературних джерел, що висвітлюють проблеми вирощування, переробки та використання луб'яних культур, актуалізується харчове

вживання конопель як джерела жирів, білків, вуглеводів, незамінних жирних кислот, вітамінів, токоферолів у світлі сучасних тенденцій до споживання рослинних олій, огляд процесів ліпідобутворення та жирнокислотного складу ліпідів конопель і перспектив їх використання у майбутньому.

**Літературний огляд.** Плід конопель складається з оплодня (оболонки) і власне насінини, яка знаходиться в середині нього. Оболонка, що утворюється зі стінки зав'язі – рівна, суха, жорстка, двостульчата. Вона ділиться на три шари: епідерма, паренхіма і палісадний шар, що детально описано О. Гейзером (Virovets et al., 2011). У паренхімі міститься хлорофіл і формуються численні спіральні судинні пучки, що утворюють жилки на поверхні оболонки, добре помітні навіть без застосування оптичних приладів (Virovets et al., 2011; Virovets, 2015; Vocha et al., 2005; Migal' & Kabanec', 2009).

Власне насіння являє собою дозрілий після запліднення насінний зачаток, що вкритий темно-зеленою насінною шкіркою, містить зародок і запас поживних речовин. У насінні формуються неоднакового розміру сім'ядолі – перші листочки зародка (Virovets et al., 2011; Vakulenko, 2004; Shelengha et al. 2010). Оскільки ендосперм у конопель, як і у більшості дводольних рослин, слаброзвинений, основні поживні речовини сконцентровані у сім'ядолях та інших тканинах зародка. Ці речовини використовуються зародком і проростком у процесі їх розвитку (Virovets, 2015). Взагалі назва “насінина” конопель згідно з агрономічною термінологією співпадає з ботанічним поняттям “плід”, що характерно для багатьох інших рослин з дрібним насінням (Virovets, 2015; Vocha et al., 2005). Плід конопель має округло-яйцевидну форму, злегка стиснуту з боків або близьку до округлої. У зв'язку з такою формою, розмір насінини визначають за трьома параметрами – довжиною, шириною і товщиною. Між географічними різновидами та сортами конопель спостерігаються відмінності насінин за формою, проте вони нестійкі. У середньому довжина їх становить 4,30, ширина – 3,30 і товщина – 2,75 мм (Shelengha et al., 2010).

За ознакою величини насіння рослини конопель поділяють на крупне – сорти південного походження (італійські, японські, середньоазійські), середнє – сорти середніх широт (західноєвропейські, середньоросійські, північні, сибірські), дрібне (моздокські, якутські, дикі). Розмір плодів варіює за довжиною від 2 до 5 мм, за шириною – від 2 до 4 мм і за товщиною – від 2,3 до 3,8 мм (Vocha et al., 2005).

Є. С. Гуржій, у свою чергу, поділяє середньоросійські сорти конопель за величиною насіння на окремі групи. Кам'янець-подільські, проскурівські, полтавські, старооскольські мають розмір насінин у середньому за довжиною 4,37, шириною – 3,45 і товщиною – 2,80 мм. Новгород-сіверські, трубчевські, ярославські відповідно – 4,08; 3,16 і 2,48 мм. У італійських конопель ці параметри складають 4,53; 3,72 і 3,07 мм, а моздокські – 3,47; 2,68 і 2,12 мм (Virovets et al., 2011; Virovets, 2015). За даними А. П. Демкіна, величина насінин різних сортів конопель змінюється в межах (мм): довжина – від 4,49 до 5,21, ширина – від 3,30 до 4,10 мм і товщина – від 2,65 до 3,30 мм. У межах одного сорту розмір насінин також суттєво змінюється (Virovets et al., 2011). Насінини конопель злегка сферичної або еліптичної форми. Мають довжину 2,5–5,0, ширину 2,04–4,0 і товщину – 2,0–3,5 мм.

Таким чином, показники розміру насінин конопель змінюються у значних межах і здебільшого залежать від зразка, тобто від генетичних факторів. Загалом, за ознакою розміру

насінин конопель відносяться до дрібнонасінних рослин, порівняно з багатьма іншими сільськогосподарськими культурами (Layko et al., 2017).

Що стосується забарвлення стиглого насіння конопель, то дана ознака дуже мінлива й не завжди чітко відрізняється у межах сортів і форм. Однак у цілому, колір оболонки насіння визначають дві складові – загальний фон від світло-сірого до темного та різний ступінь прояву мозаїчного малюнка у вигляді більш темних плям різної конфігурації, порівняно із загальним фоном (Mugal & Kabanets, 2009). Забарвлення насіння конопель залежно від сорту, ступеня стиглості та інших факторів змінюється від світло-сірого (майже сріблястого) до темно-бурого або темно-сірого, показуючи всі відтінки сіруватих і зеленуватих тонів. С. І. Лебедев відмічає, що забарвлення насіння конопель визначається кольором оцвіттини жіночої квітки, яка щільно прилягає до плоду, але при цьому не вказує механізм даного явища. Домінантним забарвленням насіння у культурних форм конопель є темно-сіре (Virovets et al., 2011; Layko et al., 2017). За даними А. П. Демкіна забарвлення оболонки насіння конопель варіює від світло-сірого зі слабо вираженою мозаїкою у північних і середньоросійських груп сортів до темно-сірого із сильно вираженою мозаїкою у південнодистигаючих і диких конопель (Virovets et al., 2011). Насіння південних сортів темно-сіре з більш вираженою мозаїчністю. Колір насіння залежить від фази стиглості конопель. При дозріванні насіння колір його спочатку змінюється від світло-зеленого до темно-зеленого, а потім переходить у світло- або темно-сіре. М. І. Логінов виділяє такі варіанти забарвлення насіння конопель: світло-сіре, сіре, темно-сіре, жовто-буре Virovets et al., 2011; Layko et al. 2017; Vakulenko, 2004).

Сьогодні набуває популярності вживання в їжу обробленого насіння конопель, конопляних висівків, а також власне олії, яка, крім того, може виступати як технічною, так і лікувальною сировиною. Олію можна використовувати в якості сировини у кондитерській, рибоконсервній та олійножировій промисловості для виготовлення маргаринів, як приправу до салатів та харчові добавки. Також через свої властивості вона є матеріалом для виробництва масляних та друкарських фарб, лаків, паливно-мастильних матеріалів, розчинників, мастики для шліфування, активованого вугілля. З олії конопель виготовляють гігієнічні та косметичні засоби, зокрема мило, шампуні, гелі, креми для догляду за шкірою обличчя та рук (Christian R. Vogl et al., 2004; Oomah et al., 2002; Blade et al., 2005; Nosenko et al., 2019; Mierliță, 2018).

Олія конопель належить до висихаючих. Її харчові та технічні властивості залежать від таких констант, як кислотне та йодне число. Кислотне число визначає кількість мг КОН, необхідну для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в одному грамі жиру. Кислотне число значною мірою характеризує якість жирів. Воно вказує на відносний вміст вільних жирних кислот (Virovets et al., 2011; Virovets, 2015; Layko et al., 2017). Наявність значної кількості вільних жирних кислот небажане у харчових та технічних жирах, отже, чим нижче кислотне число, тим якісніша олія. Йодне число – важлива константа, яка характеризує ступінь ненасиченості жирних кислот, що входять до складу жиру, а також визначає швидкість висихання. Високе йодне число свідчить про значний вміст ненасичених жирних кислот. Однак, чим, більше ненасичених кислот, тим вищі технічні й харчові якості олії. Крім того, йодне число – показник чистоти олії (Nadirov,

1991; Christian R. Vogl et al., 2004; Nosenko et al., 2019). За фізичними властивостями олія конопель – це рідина зеленого кольору, майже непрозора зі специфічним запахом. Кислотне число (мг КОН/г) для рафінованої олії конопель складає 0,4, першого і другого сорту – 2,3 і 6,0 відповідно. Йодне число – 145–166 одиниць (Sukhorada et al., 2009, Mishcenko, 2014, Mishcenko, 2016).

Кількість олії збільшується послідовно від початку формування насіння до кінця його дозрівання. Якісний склад жирних кислот для даного виду (форми, сорту) рослин залишається більш-менш постійним протягом онтогенезу, змінюється, як правило, кількісне співвідношення між жирними кислотами (Mierliță, 2018).

Ще дослідженнями С. Л. Іванова (1913) показано, що матеріалом для утворення жиру у рослині слугують вуглеводи. Олія, будучи нерозчинною речовиною, утворюється у місцях її відкладення. До цвітіння білки та вуглеводи накопичуються у стеблах рослин. Після цвітіння відбувається перетворення білків та вуглеводів у легкорозчинні форми і пересування їх до насіння. Пересування речовин до насіння відбувається у формі моносахаридів (головним чином, глюкози), з подальшим перетворенням останніх у запасні речовини, у тому числі й у жири (Virovets et al., 2011; Virovets, 2015; Taoufik Bouayoun et al., 2018; Sova et al., 2017; Eliana et al., 2015; Chen et al., 2010; Abdollahi et al., 2020; Apostol, 2017). Глюкоза перетворюється у гліцерин і жирні кислоти, з яких, за участю ферменту ліпази, утворюється олія. Ліпаза, залежно від концентрації клітинного розчину, може здійснювати синтез або розпад жирів. Низька концентрація клітинного розчину створює умови для розщеплення жиру – цьому сприяє потраплення води у насіння і розходування продуктів розпаду при диханні проростаючого насіння. Олійноутворювальний процес у рослин має декілька стадій, при проходженні яких змінюється якість олії. У початковий період цього процесу у насінні утворюється значна кількість вільних жирних кислот, які поступово входять до складу складних гліцеридів. Цим пояснюється висока кислотність жиру недозрілого насіння. По мірі дозрівання насіння кислотність жиру падає (Virovets et al., 2011; Taoufik Bouayoun et al., 2018; Kiralan et al., 2010; Liang et al., 2015; Callaway, 2004; Callaway & Pate, 2009; Callaway et al., 2005; Vodolazska & Lauridsen, 2020; Leizer et al., 2000).

Слід відмітити, що у початковий період жирутворювальних процесів переважають насичені жирні кислоти. Кількість ненасичених жирних кислот підвищується по мірі дозрівання насіння. Цим пояснюється підвищення йодного числа олії дозрілого насіння, порівняно з недозрілим. При проростанні насіння олійних рослин відбувається зворотний процес. Жир перетворюється у гліцерин та жирні кислоти, які є матеріалом для утворення вуглеводів. Останні у подальшому окисленні до вуглекислоти і води виділяють теплову енергію, необхідну для протікання життєвих процесів зародка, що пішов у ріст (Kiralan et al., 2010).

Вміст олії у насінні конопель може коливатися у середньому від 25 до 35 %. За даними М. А. Єгорова процес накопичення олії конопель настає одночасно з початком утворення насінини і продовжується до повної її стиглості. Залежно від строку збирання конопель у період від 5 серпня до 10 вересня вміст олії збільшується з 23,32 до 32,08 %. На основі дворічних досліджень з вивчення характеру впливу мінеральних добрив на олійність насіння конопель, І. Є. Лаповок дійшов висновку, що фосфор і калій підвищують вміст олії у

насінні конопель, а азот ніякого впливу не чинить.

Рядом авторів показано, що на хімічний склад насіння впливають різноманітні фактори: кількість опадів та зволоження ґрунту, температура повітря, мінеральні добрива та норма їх внесення, а також інші умови. В різні роки і у різних погодно-кліматичних умовах (Архангельськ, Приладаго, Новгород, Псков, Москва, Харків, Одеса) у 1925–1926 рр. вміст олії північних конопель коливався від 28,5 до 36,7 %, середньоросійських – від 31,4 до 37,0 %. Олійність насіння закономірно знижується з півночі на південь, а також із заходу на схід. Останнє можна пояснити меншою кількістю опадів на сході, де умови сприяють більшому накопиченню білка, що викликає, у свою чергу, зниження вмісту олії. Так, А. Й. Аринштейн відзначає, що коноплі, котрі вирощувалися на поливній ділянці, мали більший вміст олії, ніж ті, що вирощувалися на неполивній (Virovets et al., 2011; Vakulenko, 2004). На неполивній ділянці відмічено 28,7 % олії в насінні, тоді як на поливній – 31,6 % (М. І. Іванов, М. Н. Лаврова, М. П. Гапочко, 1930–1931) (Vakulenko, 2004; Layko et al., 2017).

С. І. Плотников (1931) відмічає, що середній показник вмісту олії у насінні конопель складає 32,6 %. За даними О. Гейзера (1932), вміст олії у середньому знаходиться на рівні 25–30 %, за даними С. І. Лебедева (1935) – 30–35 %, А. Й. Аринштейн (1953) – 28,20–38,27 %, А. П. Демкина (1978) – 28–35 % (Virovets et al., 2011; Vakulenko, 2004). Важливі дослідження з олійності конопель провів Н. В. Федченко (1952). Вміст олії у насінні 14 сортів і зразків конопель, вирощених в умовах Глухова, складає 30,6–35,4 %, у Краснодарі – 29,3–35,3 %. Показник вмісту півки (оболонки) коливається у межах 32,5–39,2 і 30,9–43,0 %. Спостерігається наступна закономірність: при підвищенні вмісту олії знижується вміст півки. Вищий рівень олійності характерний для сортів середньоросійської зони. Із сортів даного регіону за ознакою вмісту олії у насінні вирізняється сорт конопель Новгород-Сіверські. З південних конопель виділяється сорт Ферролонія, насіння якого має найвищий вміст олії і найнижчий півки (Vakulenko, 2004).

Мінливість вмісту олії, залежно від фракції насіння, підтверджено І. М. Лайко, Г. І. Кириченко та С. В. Міщенком (Lajko et al., 2017). Встановлено, що найвищою олійністю характеризується насіння середнього розміру – 39,3 %; олійність дрібного насіння складає 37,56 %, у той час як крупне насіння відзначається найнижчим вмістом олії – 35,14 %. Крім того, середня фракція відзначалася найнижчим вмістом півки у співвідношенні до ядра.

За результатами досліджень А. Й. Аринштейн (1949) (Virovets et al., 2011) встановлено, що кількість олії у насінні конопель залежить від спадкових особливостей сорту й умов зовнішнього середовища. Олія накопичується упродовж усього періоду формування насіння. Чим більш стигле й виповнене насіння, тим вищий вміст олії і найнижчий вміст півки у ньому. Про це свідчать результати проведених автором дослідів з динаміки накопичення жирних кислот у насінні та зміни якості насіння у процесі їх дозрівання. Особливо різко підвищується вміст і врожай олії за період від стиглості насіння у середній частині суцвіття до стиглості його у верхній частині суцвіття. Так, середньоросійські коноплі при збиранні їх 14 серпня дали врожай насіння 2,8 ц/га із вмістом олії 24,6 % і врожаєм її 0,73 ц/га. При збиранні конопель 20 серпня ці показники були на вищому рівні – 3,5 ц/га; 27,4 % і 0,95 ц/га відповідно.

Згідно даних, одержаних у результаті вивчення більше 100 сортів і зразків конопель, виявлено, що вміст олії у насінні всіх об'єктів дослідження коливається у межах від 26 до 36 % (Virovets & Shavsha, 1994). Найбільш високоолійними (більше 34 %) виявилися зразки з Вірменії, Алтайського краю, Саратовської та Київської областей, Золотоноші, а також сорти Єрмаківські місцеві, Скоростиглі, ЮСО-31 і ЮСО-40. Серед низькоолійних (менше 30 %) відмічені зразки із Китаю, Угорщини, Франції, Туреччини, Росії, Казахстану та сорти вітчизняної селекції – ЮСО-42, ЮСО-14 і ЮСО-34. У межах окремо взятих рослин 4-х сортів конопель показник олійності індивідуальних рослин варіює від 28 до 42 % (Virovets, 2015).

Насіння і олія конопель не містять алкалоїдів і психотропних канабіноїдів, що відкриває широкі можливості для використання їх у харчуванні та приготуванні лікарських препаратів (Bosca et al., 2005; Mikulcová et al., 2017; Rapa et al., 2019; Citti et al., 2019; Citti et al., 2018; Citti et al., 2018; Sova et al., 2018; Formato et al., 2020; Harrison et al., 2019; Pavlovic et al., 2019).

Найважливішими компонентами жирів, що визначають їх основні властивості, є жирні кислоти. Жирні кислоти містять парне число вуглецевих атомів і, залежно від кількості подвійних зв'язків у молекулі, поділяються на насичені (пальмітинова, стеаринова) і ненасичені (олеїнова, лінолева, ліноленова і деякі інші). Якість рослинної олії та її користь для здоров'я визначається, у першу чергу, вмістом так званих поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) (Frassinetti et al., 2018; Faugno et al., 2019; Siano et al., 2019; Nigro et al., 2020; Crescente et al., 2018; Teh & Birch, 2013). Рослинні олії, на відміну від тваринних жирів, містять у своєму складі багатий набір ПНЖК, біологічна роль яких визначається їх участю в якості структурних елементів біомембран клітин (Vouayoun et al., 2018; Kiralan et al., 2010; Cozma et al., 2015; Ping Wei et al., 2019; Cerino et al., 2020; Zambiasi et al., 2007; Aladi'c et al., 2014; Aladi'c et al., 2015).

Олія конопель має у своєму складі моно- та поліненасичені і насичені жирні кислоти. До першої групи належать: пальмітолеїнова ( $C_{16}H_{30}O_2$ ) 0,20–1,35 %, олеїнова (цис-9-октацидонова) ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) 11,9–18,8 %, лінолева ( $\omega$ -6-ненасичена) ( $C_{18}H_{32}O_2$ ) 36–57 %,  $\gamma$ -ліноленова ( $C_{18}H_{28}O_2$ ) 0,70–3,8 %, ліноленова ( $\alpha$ -ліноленова) ( $C_{18}H_{30}O_2$ ) 12–19 %. До другої слід віднести наступні: пальмітинова (гексадеканова) кислота ( $C_{16}H_{32}O_2$ ) 5,8–9,9 %, стеаринова (октадеканова) ( $C_{18}H_{36}O_2$ ) 2,5–3,5 %, ейкозанова (арахінова) ( $C_{20}H_{40}O_2$ ) 0,1–1,1 %, ейкозенова 0,20–0,24 %, бегенова (докозанова) ( $C_{22}H_{44}O_2$ ) 0,10–0,40 % (Shobha S. Borhade, 2013; Höppner & Menge-Hartmann, 2007; Leizer et al., 2000; Devi&Khanam, 2019; Yang et al., 2016; Rezvankah et al., 2019; Ustun-Argon, 2019; Aachary et al., 2016; Al Jourdi et al., 2019).

Лінолева, ліноленова та арахідонова жирні кислоти (або вітамін F) запобігають відкладанню холестерину в артеріях, забезпечують здоровий стан шкіри і волосся, позитивно впливають на активність залоз внутрішньої секреції, сприяють зниженню маси тіла, спалюючи насичені жири (Ping Wei et al., 2019; Proksch et al., 2003; Zamaria, 2004; Simopoulos, 1999). Дефіцит вітаміну F викликає такі захворювання як екзема і прищі (Proksch et al., 2003; Rodriguez-Leyva & Pierce, 2010; Saini & Keum, 2018). Вказані жирні кислоти є джерелом утворення в організмі біологічно активних речовин – простогландинів. Їм надають важливого значення у регуляції різних фізіологічних функцій та у підтриманні гомеостазу (Vogl et al.,

2004; Borhade, 2013; Savoie et al., 2015; Saini & Keum, 2018; Mank & Polonska, 2016; Guillaume et al., 2018).

Найбільш важливі з усіх поліненасичених жирних кислот – Омега-3 (головна з яких  $\alpha$ -ліноленова жирна кислота). ПНЖК настільки важливі для організму, що їх сукупність позначена як вітамін F, одна з головних функцій якого полягає у регуляції жирового обміну. Вітамін F не синтезується в організмі і тому повинен кожного дня надходити з їжею. Найбільш важливою фізіологічною дією ПНЖК є сильний протисклеротичний ефект, ці кислоти очищають судини (артерії), транспортують назовні шкідливі речовини з організму і стримують накопичення холестерину (Singh et al., 2020; Leizer et al., 2000; Horrobin, 2000; Callaway et al., 1997). Вживання  $\alpha$ -ліноленової кислоти запобігає окисленню ліпідів клітинних мембран, резистентності до інсуліну, сприяє нормальному розвитку плоду, процесам росту, правильному розвитку головного мозку, органів зору, статевих залоз, поліпшує біохімію нервової системи, роботу синапсів, передачу нервових імпульсів, мозкову активність, регулювання артеріального тиску та рівень холестерину в крові (Latif & Anwar, 2009). Омега-3 і їх похідні мають властивість перешкоджати склеюванню клітин крові між собою і зі стінками кровоносних судин. Вони здатні знижувати підвищений тонус судин, у тому числі головного мозку, характерний для гіпертонічної хвороби. При цьому ризик розвитку інсульту знижується приблизно на одну третину. Ось чому їх регулярне застосування при атеросклерозі, ішемічній хворобі серця, гіпертонічній хворобі рекомендуються як засіб профілактики розвитку важких ускладнень (Simopoulos et al., 2000; Simopoulos, 2002; Harbridge, 1998; Sharma et al., 2019).

Особливо цінним у конопляній олії є наявність лінолевої, ліноленової та гамма-ліноленової кислот. Ці важливі кислоти у значних кількостях зустрічаються у природі досить рідко. Однак, у незабудці, синяку, медуниці і материнському молоці їх вміст відносно високий. В кількісному складі співвідношення гліцеридів цих кислот у конопляній олії становить 3 : 1 (56 лінолевої та 19 % ліноленової), що ставить культуру конопель у ряд найбільш цінних. Вживання насіння конопель сприяє утворенню гамма-глобуліну, котрий входить до фракцій білків плазми крові. Наявність лінолевої і ліноленової кислот є передумовою можливості штучно підтримувати імунну систему організму за допомогою лікарських препаратів і для продовження процесу відновлення життєвої сили і здоров'я у цілому (Virovets et al., 2011; Virovets, 2015).

Конопляне насіння є прекрасним джерелом засвоєного білка. Окрім цінності олії та білків конопель, побічний продукт віджиму олії також містить значну кількість вітамінів та мінералів. Останнім часом інтерес до білка конопель збільшився завдяки його винятковому вмісту амінокислот, що містять сірку, тобто метіонін та цистеїн, а також високий вміст аргініну (Singh et al., 2020; Prescha et al., 2014; Antonelli et al., 2020; Pellati et al., 2018). Крім того, дослідники зазначають наступну кількість вітамінів та мінералів у конопляному білку на 100 г: вітамін E (всього) 90 мг,  $\alpha$ -токоферол – 5 мг,  $\gamma$ -токоферол – 85 мг, тіамін (B<sub>1</sub>) – 0,4 мг, рибофлавін (B<sub>2</sub>) – 0,1 мг, P – 1,16 мг, K – 859 мг, Mg – 483 мг, Ca – 145 мг, Fe – 14 мг, Na – 12 мг, Mn – 7 мг, Zn – 7 мг, Cu – 2 мг (Nadirov, 1991; Blade et al., 2005; Matthäus et al., 2005; Kriese et al., 2004; Tsourelis-Nikita et al., 2002; Azzi, 2007).

Використання вітчизняної сировини рослинного похо-

дження, яка характеризується високим потенціалом біологічно активних речовин, дозволяє цілеспрямовано створювати продукти із функціональними властивостями, а також надає можливість розширити асортимент виробів, підвищити їхню харчову та біологічну цінність. Актуальність селекційних досліджень з культурою конопель стосовно підвищення вмісту олії у насінні та оптимізації складу жирних кислот не викликає сумніву. Це також підтверджується сучасним станом селекції основних олійних культур, таких як соняшник чи льон олійний. Підвищення ліпідного вмісту у їх насінні одночасно супроводжується селекцією на вміст тієї чи іншої жирної кислоти (Virovets et al., 2011; Jankauskiene & Gruzdeviene, 2009; Smeriglio et al., 2016; Saastamoinen et al., 2016).

**Сорт ЮСО-31** виведений в Інституті луб'яних культур НААН України методом гібридизації високоволокнистого сорту Глухівські 10 з сортом однодомних конопель ЮСО-1 і наступним багаторазовим сімейно-груповим добром рослин на підвищення продуктивності за волокном і насінням та зниженням вмісту канабіноїдних сполук. Районований з 1987 р. в Україні (Сумська область). Сорт інтенсивного типу. За олійністю належить до середньоолійних (33,22 %).

**Сорт ЮСО 14** одержано методом родинно-групового відбору в напрямку зниження вмісту канабіноїдів з сорту ЮСО-1 та підвищення насіннєвої продуктивності. Сорт має продуктивність соломи 77,5 ц/га з вмістом волокна 30,3 %. Врожай насіння 15,2 ц/га. Тривалість вегетаційного періоду 118 діб.

**Сорт Глухівські 46** – один із високопродуктивних сортів однодомних конопель. Він успішно пройшов селекційне та державне сортовипробування і з 2000 року занесений до Реєстру сортів рослин України. Сорт створений у результаті складної гібридизації угорського сорту Kompolfi і ЮСО-29. Врожай насіння 9,6 ц/га. Олійність даного сорту досягає 29,32 % і за даною ознакою сорт належить до низькоолійних. Вегетаційний період складає 122 доби.

**Сорт Глухівські 58** належить до середньоолійних. Даний сорт отримано шляхом відбору рослин із сорту ЮСО-31 з близькими строками зацвітання чоловічих і жіночих квіток, у напрямку підвищення продуктивності і зниження вмісту канабіноїдних сполук. Врожай стебел даного сорту складає 75,8 ц/га, врожай волокна – 20,5 ц/га, вміст волокна 33,1 %; врожай насіння – 13,3 ц/га, олійність – 33,8 %. Вегетаційний період триває 109 діб.

**Сорт Глухівські 33** виведений методом родинно-групового добору на підвищення продуктивності і збереження низького вмісту наркотичних сполук із сорту ЮСО-42. Сорт має доволі високі показники продуктивності по врожаю стебел: 92,2 ц/га; вміст волокна 31,3 ц/га. Врожай насіння 11,8 ц/га, тривалість вегетаційного періоду 130 діб. За олійністю даний сорт також належить до середньоолійних – 34,10 %.

**Сорт Beniko** належить до ранніх однодомних сортів двобічного використання. Створений у результаті гібридизації сортів Fibrimon 24/Fibrimon 21. Врожай насіння складає 8,5 ц/га, вміст жирних кислот – 34,7 %.

**Сорт Bialobrzesci** являється однодомним сортом конопель. Має низький вміст психотропних речовин. Врожайність насіння складає 10,8 ц/га, вміст жирних кислот – 36,6 %.

**Lowrin 110** є дводомним сортом волокнистого та целюлозного призначення. Олійність насіння складає 33,1 %, вміст протеїну – 31,3 %.

**Irene** – сорт однодомний, середньо-ранній волокнистого напрямку використання. Вміст олії у насінні складає 31,3 %, протеїну – 30,9 %.

**Secueni 1** – однодомний, середньо-ранній сорт румунської селекції з низьким вмістом канабіноїдних сполук. Насіння крупне, урожайність – 10,0–12,0 ц/га. Олійність насіння сорту складає 30,3–32,0 %.

**Сорт Золотоніські 13** – однодомний сорт, створений з метою підвищення волокнистості і зниження вмісту наркотичних сполук.

**Сорт Золотоніські 15** – однодомний сорт прядивного напрямку з дуже низьким вмістом канабіноїдних сполук. Урожайність насіння складає 8,5–10,1 ц/га.

**Сорт Золотоніські 24** – однодомний сорт південного типу, створений з метою підвищення волокнистості і зниження наркотичних сполук.

**Fedora 19** – сорт французької селекції. Належить до однодомних, ранньостиглий. Урожайність насіння складає 12,0 ц/га, насіння крупно-середнє (m 1000 = 18,0 г), вміст олії у насінні 30,0–32,0 %.

**Felina 34** являє собою однодомний сорт волокнистого використання. Олійність насіння знаходиться на рівні 31,7 %.

**Ferimon 12** – однодомний сорт конопель, створений для атлантичного клімату Франції. Сорт ранньостиглий, доволі врожайний по насінню (8,0–10,0 ц/га), вміст олії у насінні складає 30,0–32,0 %.

**Finola** – низькоканабіноїдний сорт, що вирощується для отримання насіння та екстракції олії. Здатен давати 10,0–20,0 ц/га насіння.

**Yugo** – сорт волокнистого використання. Олійність на рівні 31,7 %.

**Глера** – середньодостигаючий сорт однодомних конопель з надзвичайно низьким вмістом канабіноїдних сполук. Урожайність насіння сорту складає 15,0–17,0 ц/га.

**Єрмаківські місцеві** – дводомний сорт конопель, належить до низько волокнистих сортів. Урожайність насіння складає понад 9,8 ц/га.

**Глухівські однодомні 18** – є сортом волокнистого використання, урожайність насіння складає 8,0–9,0 ц/га, вміст олії в ньому – 28,44 %.

Мінливість жирно-кислотного складу олії, залежно від сорту конопель, встановлено багатьма дослідниками. Результати досліджень S. F. Blade, K. Ampong-Marko, R. Przybulski (1997–1998) жирнокислотного складу олії сортів вітчизняної селекції та закордонних сортів демонструють певні суттєві відмінності по складових олії (табл. 1–3).

Максимальний вміст має лінолева кислота і у вітчизняних сортів вона знаходиться на рівні 54,4–54,6 %, натомість у зарубіжних коливання ознаки від 53,8 % (Irene) до 56,9 % (Beniko). Схожа ситуація чітко прослідковується з олеїновою кислотою. Але головна особливість і відмінність вітчизняних сортів полягає у порівняно високому вмісті γ-ліноленової кислоти, особливо цим відзначається сорт ЮСО-14, який має найбільший її відсоток (3,2 %). Максимальним вмістом пальмітинової кислоти відзначаються Lowrin 110, Золотоніські 15 і Золотоніські 24 (Virovets et al., 2011; Virovets, 2015; Bocha et al., 2005; Blade et al., 2005; Jankauskiene & Gruzdeviene, 2009; Smeriglio et al., 2016; Saastamoinen et al., 2016).

Таблиця 1

Жирнокислотний склад олії конопель, вирощених у Канаді (провінція Альберта, 1997 р.)

Сорт	Вміст жирних кислот, %									
	пальмітинова	пальмітолеїнова	стеаринова	лінолева	γ-ліноленова	ліноленова	олеїнова	арахідонова	бегенова	лігноцеринова
Beniko	6,6	0,0	2,6	56,9	2,4	17,7	11,6	0,8	0,3	0,1
Bialobrzzeski	6,4	0,1	3,0	55,6	2,5	18,0	12,1	0,7	0,3	0,1
Lowrin 110	7,3	0,2	2,7	54,2	1,9	18,0	13,3	0,8	0,3	0,1
Irene	6,5	0,1	3,0	53,8	1,2	16,1	16,3	0,9	0,3	0,2
Secueni1	6,5	0,2	3,0	55,4	1,4	17,3	13,8	0,9	0,3	0,2
ЮСО-14	6,6	0,1	3,1	54,6	3,2	16,4	13,8	0,8	0,3	0,1
ЮСО-31	6,4	0,0	3,3	54,4	2,7	17,5	13,8	0,9	0,3	0,1
Золотоніські 13	6,9	0,1	3,0	54,4	2,5	17,7	13,3	0,8	0,3	0,1
Золотоніські 15	7,0	0,1	3,0	54,6	2,1	17,7	13,4	0,8	0,3	0,1
Золотоніські 24	7,5	0,0	3,1	54,4	2,6	17,7	13,0	0,7	0,0	0,0
$\bar{X}$	6,8	0,13	3,0	54,8	2,3	17,4	13,4	0,81	0,27	0,1
S $\bar{X}$	0,12	0,02	0,06	0,29	0,19	0,21	0,39	0,02	0,00	0,02
V	5,7	37,9	6,8	1,7	27,1	3,7	9,3	9,1	0,0	36,1

Сорти урожаю 1998 р. у цій же провінції також відзначаються мінливістю жирно-кислотного складу. Найбільшим вмістом ненасиченої лінолевої кислоти характеризується сорт Felina 34, найменшим – Yugo, проте в олії цього сорту

найбільше гліцеридів ліноленової кислоти. Гамма-ліноленової кислоти в олії найбільше має сорт Finola (3,8 %) (Blade et al., 2005).

Таблиця 2

Жирнокислотний склад олії конопель, вирощених у Канаді (провінція Альберта, 1998 р.)

Сорт	Вміст жирних кислот, %									
	пальмітинова	пальмітолеїнова	стеаринова	олеїнова	лінолева	ліноленова	γ-ліноленова	арахідонова	бегенова	лігноцеринова
Fedora 19	6,15	0,1	2,5	10,6	56,4	18,6	2,2	0,7	0,3	0,1
Felina 34	5,9	0,1	2,4	10,3	56,8	18,3	2,4	0,7	0,3	0,1
Ferimon 12	5,8	0,1	2,4	10,9	56,1	17,8	2,7	0,7	0,3	0,2
Finola	5,7	0,1	2,4	10,2	54,2	18,0	3,8	0,8	0,4	-
Yugo	9,4	-	2,5	8,1	46,8	22,5	2,3	0,9	1,0	0,1
$\bar{X}$	6,6	0,1	2,4	10,0	54,1	19,0	2,7	0,8	0,5	1,3
S $\bar{X}$	0,71	0,00	0,02	0,50	1,87	0,88	0,29	0,04	0,14	0,03
V	23,9	0,0	2,2	11,1	7,7	10,3	24,4	11,8	66,3	40,0

Таблиця 3

Вміст гліцеридів жирних кислот в олії конопель урожаю 2006 р.

Сорт	Склад олії, % до суми жирних кислот									
	пальмітинова	пальмітолеїнова	стеаринова	олеїнова	лінолева	γ*	ліноленова	арахінова	бегенова	
ЮСО-31	8,85	0,98	3,10	18,75	54,31	0,78	12,55	0,28	0,40	
ЮСО-14	8,46	0,65	2,87	16,65	56,57	1,97	12,09	0,45	0,29	
Глухівські 33	7,93	1,35	3,39	13,18	57,15	1,52	14,75	0,53	0,20	
Глухівські 58	9,07	1,47	3,48	16,30	54,99	0,91	13,23	0,29	0,26	
Глера	9,12	0,98	2,94	14,13	57,03	1,56	13,68	0,31	0,25	
Єрмаківські місцеві	8,68	0,61	2,63	14,90	54,84	3,79	13,26	1,03	0,26	
Глухівські однодомні 18	8,53	1,52	2,64	16,29	55,57	1,12	13,75	0,23	0,35	
Глухівські 46	8,27	0,96	2,57	17,98	55,53	0,70	13,71	0,14	0,14	
$\bar{X}$	8,61	1,07	2,95	16,02	55,75	1,54	13,38	0,41	0,27	
S $\bar{X}$	0,14	0,12	0,12	0,67	0,37	0,36	0,28	0,10	0,03	
V	4,69	32,85	11,78	11,73	1,90	65,26	6,06	68,60	30,19	



За результатами жирнокислотного аналізу, проведеного у популяціях 8 сортів конопель Інституту луб'яних культур НААН України (м. Глухів), спостерігається наступний розподіл вмісту жирних кислот (табл. 3). Вміст пальмітолеїнової кислоти в цілому невисокий. Вміст стеаринової кислоти змінюється від 2,57 % (Глухівські 46) до 3,48 % (Глухівські 58). Лінолева кислота є переважаючою за вмістом у всіх сортів. Максимальним вмістом лінолевої кислоти відзначається сорт Глухівські 33, а мінімальним – ЮСО-31. Відсоток гамма-лінолевої кислоти (позначена як 7\*) невисокий. Всі досліджувані сорти містять невеликий відсоток арахінової кислоти, але цифри коливаються у дуже значних межах. В олії наведених сортів найменше виявлено бегенової кислоти – всього лише 0,27 % (Virovets et al., 2011).

**Висновки.** Насіння конопель, з огляду на його хімічний склад, є надзвичайно цінною сировиною, багатою на токофероли та поліненасичені жирні кислоти, такі як лінолева та ліноленова. Вживання цих кислот позитивно впливає на стан організму, зокрема поліпшується робота нервової, серцево-судинної та імунної систем, значно уповільнюються канцерогенні процеси та старіння. Крім того, конопляна олія є смачним і поживним харчовим продуктом, який може виступати альтернативою жирам тваринного походження. Враховуючи особливості жирнокислотного складу олії сортів конопель вітчизняної та закордонної селекції, можна вважати перспективним напрямком у селекції даної культури роботу на збільшення вмісту тієї чи іншої кислот.

#### Бібліографічні посилання:

1. Konopli. Editors: M. D. Mygal', V. M. Kabanec' [Hemp]. (2011). Ellada, Sumy, 384 (in Ukrainian).
2. Virovec, V.G. (2015). Selekcija nenarkoticheskoj posevnoj konopli: monografija [Selection of non-narcotic hemp: monographic]. Ellada, Sumy, 332 (in Russian).
3. Small, E., & Marcus, D. (2002). Hemp: A New Crop with New Uses for North America. ASHS Press, Alexandria, VA, 284–326.
4. Andre, C.M., Hausman, J.-F., & Guerriero, G. (2016). Cannabis sativa: The Plant of the thousand and One Molecules. *Frontiers in Plant Science*, 7, 19.
5. Baldini, M., Ferfua, C., Piani, B., Sepulcri, A., Dorigo, G., Zuliani, F., Danuso, F., & Cattivello, C. (2018). The performance and potentiality of monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars as a multipurpose crop. *Agronomy*, 8, 162.
6. Bocha, I., Finta-Korpelova, Z., & Mathe, P. (2005). Preliminary Results of selection for seed oil content in Hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of Industrial Hemp*, 10(1), 5–15.
7. Moher, U. V., Zhuplatova, L. M., & Dudukova, S. V. (2015). Normative base for hemp oil estimation. *Bast and technical crops, collection of scientific works*, 4(9), 141–145.
8. Marchenko, Zh. U. (2015). Directions of hemp products use in the world. *Bast and technical crops*, 4, 159–165.
9. Hazekamp, A., Tejkalová, K., & Papadimitriou, S. (2016). Cannabis: From Cultivar to Chemovar II—A Metabolomics Approach to Cannabis Classification, 1, 202–215. doi: 10.1089/can.2016.0017
10. Spano, M., Di Matteo, G., Rapa M., Ciano, S., Ingallina, C., Cesa S., Menghini L., Carradori, S., Giusti, Anna Maria, Di Sotto, A., Di Giacomo, S., Sobolev, A. P., Vinci, G., Mannina, L. (2020). Commercial Hemp Seed Oils: A Multimethodological Characterization. *Applied science*, 10, 1–15. doi:10.3390/app10196933
11. William, L., Pangzhen, Z., Danyang, Y., & Zhongxiang, F. (2019). Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19, 282–308.
12. Johnson, R. (2019). Hemp as an agricultural commodity. *Congressional Research Service*. December, 22, 2018, 48.
13. Renée, J. (2019). Hemp as an Agricultural Commodity. *Congressional Research Service*, 48.
14. Bonini, S. A., Premoli, M., Tambaro, S., Kumar, A., Maccarinelli, G., Memo, M., & Mastinu, A. (2018). Cannabis sativa: A comprehensive ethnopharmacological review of a medicinal plant with a long history. *Journal of Ethnopharmacology*, 227, 300–315.
15. Crescente, G., Piccolella, S., Esposito, A., Scognamiglio, M., Fiorentino A., & Pacifico, S. (2018). Chemical composition and nutraceutical properties of hempseed: an ancient food with actual functional value. *Phytochemical Review*, 17, 733–749. doi: 10.1007/s11101-018-9556-2
16. Vakulenko, K. V. (2004). Osoblivosti rozvitku j budovi nasinnja konopel' ta yih zv'jazok iz selekciju [Features of development and structure of hemp seeds and their connection with selection]. *Nove v selekciji, genetici, tehnologiji viroshhuvannja, zbirannja, pererobki ta standartizaciji lub'janij kul'tur: materiali nauko-vechnonoi konferenciji molodij vchenij*, 18 list. 2003 r. ILK UAN, 44–54 (in Ukrainian).
17. Shelenga T. V., Grigor'ev, Ju. P., Baturin, V. S., & Sarana, Ju. V. (2010). Biohimicheskaja karakteristika semjan konopli (*Cannabis sativa* L.) iz razlichnyh regionov Rossii [Biochemical characteristics of hemp seeds (*Cannabis sativa* L.) from different regions of Russia]. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk*, 4, 22–23. doi: 10.30906/1999-5636-2011-2-6-9 (in Russian)
18. Lajko, I. M., Kirichenko, A. I., & Mishhenko, S. V. (2017). Zavisimost' soderzhanija masla ot genotipa i kolichestvennyh priznakov semjan konopli [The dependence of the oil content on the genotype and quantitative traits of hemp seeds]. *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 1(3). 38–43 (in Russian). doi: 10.18286/1816-4501-2017-1-38-43
19. Migal', M. D. & Kabanec', V. M. (2009). Suchasni selekcijno-genetichni doslidzhennja konopel' [Modern selection and genetic studies of hemp]. *Visnyk agrarnoi nauki*, 8, 50–53 (in Ukrainian).
20. Vogl, C. R., Lissek-Wolf, G., & Surböck, A. (2004). Hemp (*Cannabis sativa* L.) as a Resource for Green Cosmetics: Yield of Seed and Fatty Acid Compositions of 20 Varieties Under the Growing Conditions of Organic Farming in Austria. *Journal of Industrial Hemp*, 9(1), 51–68.

21. Oomah, B. D., Busson, M., Godfrey, D. V., & Drover, J. C. G. (2002). Characteristic of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil and others. *Food Chemistry*, 76, 33–34. doi: 10.1016/S0308-8146(01)00245-X.
22. Blade, S. F., Ampong-Marko, K., & Przybalski, R. (2005). Fatty acid and tocopherol profiles of industrial cultivars grown in the high latitude prairie region of Canada. *Journal of Industrial Hemp*, 10(2), 33–43.
23. Nosenko, T. T., Muzika, O. S., Cigankova, G. A., Levchuk, I. V., & Marinchenko, I. O. (2019). Osoblivosti skladu olii iz nasinnja nenarkotichnih konopel' vitchiznjanoi selekcii [Features of the composition of non-narcotic hemp seed oil of domestic selection]. *Naukovi praci NUHT*, 25(5), 174–180 (in Ukrainian).
24. Vogl, C. R., Lissek-Wolf, G., & Surböck, A. (2004). Comparing Hemp Seed Yields (*Cannabis sativa* L.) of an On-Farm Scientific Field Experiment to an On-Farm Agronomic Evaluation Under Organic Growing Conditions in Lower Austria. *Journal of Industrial Hemp*, 9(1), 37–49.
25. Suhorada, T. I., Projdak, M. N., Gerasimova, A. S., Semynin, S. A., & Shabel'nyj M. M. (2009). Novyj sort konopli maslichnogo napravlenija Omegadar-1. Maslichnye kul'tury [New variety of hemp of oilseed direction Omegadar-1]. *Nauchno-tehnicheskij ,serossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur*, 1(140), 1–4 (in Russian).
26. Mishhenko S. V. (2014). Osobennosti nasledovaniya maslichnosti semjan u gibridov nenarkoticheskoy konopli [Peculiarities of seed oil inheritance in hybrids of non-narcotic hemp]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur*, 2 (159–160), 1–4 (in Russian).
27. Mishhenko, S. V. (2016). Izmenchivost' kolichestvennyh priznakov linejnyh gibridov konopli F<sub>1</sub>–F<sub>3</sub> srednerusskogo i juzhnogo jekologo-geograficheskikh tipov [Variability of quantitative traits of linear hemp hybrids F<sub>1</sub>–F<sub>3</sub> of Central Russian and southern ecological-geographical types]. *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2(34), 30–36. (in Russian)
28. Mierliță, D. (2018). Effects of diets containing hemp seeds or hemp cake on fatty acid composition and oxidative stability of sheep milk. *South African Journal of Animal Science*, 48(3), 504–515. doi: 10.4314/sajas.v48i3.11
29. Taoufik Bouayoun, Hamid Stambouli, Yassine Ez zoubi, Aziz El Bouri, Abdellah Farah, Mohamed Tabyaoui. (2018). Hemp seed oil: Chemical characterization of three non-drug varieties cultivated in Morocco. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 6(05), 37–41. doi: 10.7324/JABB.2018.60506
30. Kiralan, M., Gül, V., & Metin, K. S. (2010). Fatty acid composition of hempseed oils from different locations in Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(2), 385–390.
31. Cozma, A., Andrei, S., Pinteau, A., Miere, D., Filip, L., Loghin, F., & Ferlay, A. (2015). Effect of hemp seed oil supplementation on plasma lipid profile, liver function, milk fatty acid, cholesterol, and vitamin A concentrations in Carpathian goats. *Czech Journal of Animal Science*, 60(7), 289–301. doi: 10.17221/8275-CJAS
32. Shobha, S. (2013). Borhade Chemical Composition and Characterization of Hemp (*Cannabis sativa*) Seed oil and essential fatty acids by HPLC Method. *Archives of Applied Science Research*, 5(1), 5–8.
33. Höppner, F., Menge-Hartmann, U. (2007). Yield and quality of fibre and oil of fourteen hemp cultivars in Northern Germany at two harvest dates / *Landbauforschung Völkenroden*, 3(57), 219–232.
34. Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., & Raskin, I. (2000). The Composition of Hemp Seed Oil and Its Potential as an Important Source of Nutrition. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*, 2(4), 35–53.
35. Savoie, R., Lazouk, M., Van-Hecke, E., Roulard, R., Tavernier, R., Guillot, X., Rhazi, L., Petit, E., Mesnard, F., & Thomasset, B. (2015). Flax and Hemp. *Oilseeds & fats crops and lipids*, 22(6), 1–10. doi: 10.1051/ocl/2015016
36. Latif, S., & Anwar, F. (2009). Physicochemical studies of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil using enzyme-assisted cold-pressing. *European Journal of Lipid Science & Technologies*, 111, 1042–1048.
37. Shobha S. Borhade (2013). Chemical Composition and Characterization of Hemp (*Cannabis sativa*) Seed oil and essential fatty acids by HPLC Method. *Scholars Research Library*, 5, 3–8.
38. Sova, N. A., Lutsenko, M. V., Vasarab-Kozhushna, L. D., & Yenina, N. U. (2017). Seeds of non-narcotic hemp is promising biologically active raw materials for the food industry. *Storage and processing of grain*, 9(217), 16–19.
39. Eliana, V., Aubin, Marie-Pier, Seguin, P., Arif F., M., Charron, Jean-Benoit (2015), Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 8–12.
40. Chen, T., He, J., Zhang, J., Zhang, H., Qian, P., Hao, J., & Li, L. (2010). Analytical characterization of hempseed (seed of *Cannabis sativa* L.) oil from eight regions in China. *Journal of Dietary Supplements*, 7, 117–129.
41. Vodolazska, D., & Lauridsen, C. (2020). Effects of dietary hemp seed oil to sows on fatty acid profiles, nutritional and immune status of piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 1–18. doi: 10.1186/s40104-020-0429-3
42. Leonard, W., Zhang, P., Ying, D., & Fang, Z. (2020). Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19, 282–308.
43. Abdollahi, M., Sefidkon, F., Calagari, M., Mousavi, A., & Mahomoodally, M. F. (2020). A comparative study of seed yield and oil composition of four cultivars of Hemp (*Cannabis sativa* L.) grown from three regions in northern Iran. *Industrial Crops and Products*, 152, 112397.
44. Apostol, L. (2017). Studies on using hemp seed as functional ingredient in the production of functional food products. *Journal of Ecoagritourism*, 13, 12–17.
45. Liang, J., Appukuttan Achary, A., & Thiyam-Holländer, U. (2015). Hemp seed oil: Minor components and oil quality. *Lipid Technology*, 27, 231–233.
46. Callaway, J.C., & Pate, D.W. (2009). Hempseed oil. In *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*; AOCs PRESS: Urbana, IL, USA, 185–213.
47. Callaway, J.C. (2004) Hempseed as a nutritional resource: an overview. *Euphytica*, 140, 65–72.

48. Callaway, J., Schwab, U., Harvima, I., Halonen, P., Mykkänen, O., Hyvönen, P., & Järvinen, T. (2005). Efficacy of dietary hempseed oil in patients with atopic dermatitis. *Journal of Dermatological Treatment*, 6(2), 87–94. doi: 10.1080/09546630510035832.
49. Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., & Raskin, I. (2000). The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of nutraceuticals functional & medical foods*, 2, 35–53. doi: 10.1300/J133v02n04\_04
50. Mikulcová, V., Kašpárková, V., Humpolíček, P., & Buňková, L. (2017). Formulation, Characterization and Properties of Hemp Seed Oil and Its Emulsions. *Molecules*, 22, 1–13. doi: 10.3390/molecules22050700.
51. Rapa, M., Ciano, S., Rocchi, A., D'Ascenzo, F., Ruggieri, R., & Vinci, G. (2019). Hempseed Oil Quality Parameters: Optimization of Sustainable Methods by Miniaturization. *Sustainability*, 11, 1–13. doi: 10.3390/su11113104
52. Citti, C., Pasquale, L., Panseri, S., Vezzalini, F., Forni, F., Vandelli, M. A., & Cannazza, G. (2019). Cannabinoid Profiling of Hemp Seed Oil by Liquid Chromatography Coupled to High-Resolution Mass Spectrometry. *Frontiers in Plant Researches*, 10(120), 1–17.
53. Citti, C., Pacchetti, B., & Vandelli, M. A. (2018). Analysis of cannabinoids in commercial hemp seed oil and decarboxylation kinetics studies of cannabidiolic acid (CBDA). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 149, 532–540.
54. Citti, C., Braghiroli, D., Vandelli, M. A., & Cannazza, G. (2018). Pharmaceutical and biomedical analysis of cannabinoids: a critical review. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 147, 565–579. doi: 10.1016/j.jpba.2017.06.003
55. Sova, N., Lutsenko, M., Korchmaryova, A., & Andrushevych, K. (2018). Research of physical and chemical parameters of the oil obtained from organic and conversion hemp seeds varieties "Hliana". *Ukrainian Food Journal*, 7, 244–252.
56. Formato, M., Crescente, G., Scognamiglio, M., Fiorentino, A., Pecoraro, M.T., Piccolella, S., Catauro, M., & Pacifico, S. (2020) (ó)-Cannabidiolic Acid, a Still Overlooked Bioactive Compound: An Introductory Review and Preliminary Research. *Molecules*, 25, 2638.
57. Harrison, J. VanDolah, Brent, A. Bauer, & Karen, F. Mauck (2019). *Clinicians' Guide to Cannabidiol and Hemp Oils*. Mayo Foundation for Medical Education and Research, 94(9), 1840–1851. doi: 10.1016/j.mayocp.2019.01.003
58. Pavlovic, R., Panseri, S., Giupponi, L., Leoni, V., Citti, C., Cattaneo, C., Cavaletto, M., & Giorgi, A. (2019). Phytochemical and ecological analysis of two varieties of hemp (*Cannabis sativa* L.) grown in a mountain environment of Italian Alps. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1265.
59. Frassinetti, S., Moccia, E., Caltavuturo, L., Gabriele, M., Longo, V., Bellani, L., Giorgi, G., & Giorgetti, L. (2018). Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds and sprouts. *Food Chemistry*, 262, 56–66.
60. Faugno, S., Piccolella, S., Sannino, M., Principio, L., Crescente, G., Baldi, G.M., Fiorentino, N., & Pacifico, S. (2019). Can agronomic practices and cold-pressing extraction parameters affect phenols and polyphenols content in hempseed oils? *Industrial Crops and Products*, 130, 511–519.
61. Siano, F., Moccia, S., Picariello, G., Russo, G.L., Sorrentino, G., Di Stasio, M., La Cara, F., & Volpe, M.G. (2019). Comparative study of chemical, biochemical characteristic and ATR-FTIR analysis of seeds, oil and flour of the edible Fedora cultivar hemp (*Cannabis sativa* L.). *Molecules*, 24, 83.
62. Nigro, E., Crescente, G., Formato, M., Pecoraro, M.T., Mallardo, M., Piccolella, S., Daniele, A., & Pacifico, S. (2020). Hempseed lignanamides rich-fraction: Chemical Investigation and cytotoxicity towards U-87 glioblastoma cells. *Molecules*, 25, 1049.
63. Teh, S.-S., & Birch, J. (2013) Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30, 26–31.
64. Aladić, K., Jokić, S., Moslavac, T., Tomas, S., Vidović, S., Vladić, J., & Šubarić, D. (2014). Cold pressing and supercritical CO<sub>2</sub> extraction of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 28, 481–490.
65. Aladić, K., Jarni, K., Barbir, T., Vidović, S., Vladić, J., Bilić, M., & Jokić, S. (2015). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 76, 472–478.
66. Devi, V., & Khanam, S. (2019). Comparative study of different extraction processes for hemp (*Cannabis sativa*) seed oil considering physical, chemical and industrial-scale economic aspects. *Journal of Cleaner Production*, 207, 645–657.
67. Yang, L.G., Song, Z.X., Yin, H., Wang, Y.Y., Shu, G.F., Lu, H.X., Wang, S.K., & Sun, G.J. (2016). Low n-6/n-3 PUFA ratio improves lipid metabolism, inflammation, oxidative stress and endothelial function in rats using plant oils as n-3 fatty acid source. *Lipids*, 51, 49–59.
68. Rezvankhah, A., Emam-Djomeh, Z., Safari, M., Askari, G., & Salami, M. (2019). Microwave-assisted extraction of hempseed oil: Studying and comparing of fatty acid composition, antioxidant activity, physicochemical and thermal properties with Soxhlet extraction. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 4198–4210.
69. Ustun-Argon, Z. (2019) Phenolic Compounds, Antioxidant Activity and Fatty Acid Compositions of Commercial Cold-Pressed Hemp Seed (*Cannabis Sativa* L) Oils From Turkey. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 10, 166–173.
70. Achary, A.A., Liang, J., Hydamaka, A., Eskin, N.M., & Thiyam-Holländer, U. (2016). A new ultrasound-assisted bleaching technique for impacting chlorophyll content of cold-pressed hempseed oil. *LWT Food Science and Technology*, 72, 439–446.
71. Al Jourdi, H., Popescu, C., Udeanu, D.I., Arsene, A., Sevastre, A., Velescu, B.S., & Lupuliasa, D. (2019). Comparative study regarding the physico-chemical properties and microbiological activities of olea europaea l. Oil and cannabis sativa l. Seed oil obtained by cold pressing. *Farmacia*, 67, 759–763.
72. Wei, Ping; You, Xiangrong; Sun Jian; Zhang Yayuan; Liu Guoming; Li Mingjuan; Zhou Kui, & Wang, Ying (2019). Optimal process of supercritical carbon dioxide extracting Bama hempseed oil and its physicochemical property. *Journal of Food Science & Technology*, 4, 912–923.
73. Cerino, P., Buonerba, C., Cannazza, G., D'Auria, J., Ottoni, E., Fulgione, A., Di Stasio, A., Pierri, B., & Gallo, A. (2020). A

Review of Hemp As Food and Nutritional Supplement. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 10(10), 1–9.

74. Zambiazzi, Rui Carlos; Przybylski, Roman; Zambiazzi, Moema Weber; Mendonca, Carla Barbosa (2007). Fatty acid composition of vegetable oils and fats. *Curitiba*, 25(1), 111–120.

75. Proksch, E., Jensen, J.-M., & Elias, P.M. (2003). Skin lipids and epidermal differentiation in atopic dermatitis. *Clinical Dermatology*, 21, 134–144.

76. Zamaria, N. (2004). Alteration of polyunsaturated fatty acid status and metabolism in health and disease. *Reproduction Nutrition Development*, 44, 273–282.

77. Simopoulos, A.P. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 560–569.

78. Delfin, Rodriguez-Leyva, & Grant, N Pierce. (2010). The cardiac and hemostatic effects of dietary hempseed. *Nutrition & Metabolism*, 7, 1–9. doi: 10.1186/1743-7075-7-32

79. Saini, R.K., & Keum, Y.S. (2018) Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: dietary sources, metabolism, and significance. *Life Science*, 203, 255–267.

80. Mank, V., & Polonska, T. (2016). Use of natural oils as bioactive ingredients of cosmetic products. *Ukrainian Food Journal*, 5(2), 281–289.

81. Guillaume, C., De Alzaa, F., & Ravetti, L. (2018). Evaluation of chemical and physical changes in different commercial oils during heating. *Acta Scientific Nutritional Health*, 2, 2–11.

82. Singh, A.P., Fathordoobady, F., Guo, Y., Singh, A., & Kitts, D.D. (2020). Antioxidants help favorably regulate the kinetics of lipid peroxidation, polyunsaturated fatty acids degradation and acidic cannabinoids decarboxylation in hempseed oil. *Scientific Reports*, 10, 1–12.

83. Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., & Raskin, I. (2000). The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of Nutraceuticals Functional & Medical Foods*, 2, 35–53.

84. Horrobin, D.F. (2000) Essential fatty acid metabolism and its modification in atopic eczema. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 72.

85. Callaway, J. C, Tennila, T., & Pate, D. W. (1997). Occurrence of “omega-3” stearidonic acid (cis-6,9,12,15-octadecatetraenoic acid) in hemp (*Cannabis sativa* L.) seed. *Journal of the International Hemp Association*, 3, 61–63.

86. Simopoulos, A.P., Leaf, A., & Salem, N. (2000). Workshop statement on the essentiality of and recommended dietary intakes from omega-6 and omega-3 fatty acids. *Prostaglandins, Leukotrienes & Essential Fatty Acids*, 63, 119–121.

87. Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 365–379.

88. Harbridge, L. (1998). Dietary n-6 and n-3 fatty acids in immunity and autoimmune disease. *Proceedings of the Nutrition Society*, 57, 555–562.

89. Sharma, S., Cheng, S.-F., Bhattacharya, B., & Chakkaravarthi, S. (2019). Efficacy of free and encapsulated natural antioxidants in oxidative stability of edible oil: Special emphasis on nanoemulsion-based encapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 305–318.

90. Anubhav Pratap Singh, Farahnaz Fathordoobady, Yigong Guo, Anika Singh, & David D. Kitts. (2020). Antioxidants help favorably regulate the kinetics of lipid peroxidation, polyunsaturated fatty acids degradation and acidic cannabinoids decarboxylation in hempseed oil. *Scientific reports*, 10, 1–12. doi: 10.1038/s41598-020-67267-0

91. Prescha, A., Grajzer, M., Dedyk, M., & Grajeta, H. (2014). The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91, 1291–1301.

92. Antonelli, M., Benedetti, B., Cannazza, G., Cerrato, A., Citti, C., Montone, C. M., Piovesana, S., Laganà, A. (2020). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412(2), 413–423. doi: 10.1007/s00216-019-02247-6.

93. Pellati, F., Borgonetti, V., Brighenti, V., Biagi, M., Benvenuti, S., & Corsi, L. (2018). *Cannabis sativa* L. and Nonpsychoactive Cannabinoids: Their Chemistry and Role against Oxidative Stress, Inflammation, and Cancer. *BioMed Research International* 2018, 1–15.

94. Nadirov, N. K. (1991). *Tokoferoly i ih ispol'zovanie v medicine i sel'skom hozjajstve* [Tocopherols and their use in medicine and agriculture]. Nauka, Moscow, 336 (in Russian).

95. Kriese, U., Schumann, E., Weber, W.E., Beyer M., Brühl & Matthäus, L. (2004) Oil content, tocopherol composition and fatty acid patterns of the seeds of 51 *Cannabis sativa* L. genotypes, 137, 339–351.

96. Tsourelis-Nikita, E., Hercogova, J., Lotti, T., & Menchini, G. (2002) Evaluation of dietary intake of vitamin E in the treatment of atopic dermatitis: a study of the clinical course and evaluation of the immunoglobulin E serum levels. *International Journal of Dermatology*, 41, 146–150.

97. Azzi, A. (2007) Molecular mechanism of  $\alpha$ -tocopherol action. *Free Radical Biology & Medicine*, 43, 16–21.

98. Jankauskiene, Z., & Gruzdeviene, E. (2009). Beniko and Bialobrezskie – industrial hemp varieties in Lithuania Environment. *Technology. Resources Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference*. Uplytė, Panevėžys district, Lithuania, 1, 176–182.

99. Smeriglio, A., Galati, E.M., Monforte, M.T., Lanuzza, F., D'Angelo, V., & Circosta, C. (2016) Polyphenolic Compounds and Antioxidant Activity of Cold-Pressed Seed Oil from Finola Cultivar of *Cannabis sativa* L. *Phytotherapy Research*, 30, 1298–1307.

100. Saastamoinen, M., Euroala, M., & Hietaniemi, V. (2016) Oil, protein, chlorophyll, cadmium and lead contents of seeds in oil and fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars and in oil hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivar Finola cultivated in south-western part of Finland. *Journal of Food Chemistry and Nanotechnology*, 2, 73–76.

**Vereshchahin I. V.**, PhD (Agricultural Sciences), Senior Lecturer, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
**Kandyba N. M.**, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
**CANNABIS SEEDS (CANNABIS SATIVA L.) AS A SOURCE OF IRREPLACEABLE FOOD COMPONENTS**

The article presents the results of the analysis of literature sources that contain research data on the fatty acid composition of hemp oil (*Cannabis sativa L.*). Today, sown hemp is confidently occupying a segment of the food market, increasing the range. From ancient times the hemp was used as a source of fiber, from which woven garments were made, and the seeds were eaten. Later, nutritious oil was extracted from the seeds of the crop in the areas of hemp growing.

In the twentieth century, researchers noticed to hemp oil and described in detail its fatty acid composition. The presence of polyunsaturated acids ( $\omega$ -3), in particular linolenic, in hemp oil puts the crop among the most valuable. A whole complex of other fatty acids was also found, such as palmitic, palmitoleic, stearic, oleic, linolenic,  $\gamma$ -linolenic, arachidonic, behenic, lignoceric, and others. According to various authors, modern varieties of hemp, both domestic and foreign selection, are characterized by different ratios of fatty acids in the oil, with unsaturated acids predominating. Linoleic, linolenic and arachidonic fatty acids (or vitamin F) prevent the deposition of cholesterol in the arteries, ensure healthy skin and hair, have a positive effect on the activity of the endocrine glands, help reduce body weight by burning saturated fats. These fatty acids are a source of formation in the body of biologically active substances – prostaglandins. Especially valuable in hemp oil is the presence of linoleic, linolenic and gamma-linolenic acids. These important acids are found in large quantities in nature quite rarely. In the quantitative composition of the ratio of glycerides of these acids in hemp oil 3 : 1 (56 linoleic and 19 % linolenic). The most important physiological action of polyunsaturated fatty acids is a strong antisclerotic effect, the ability to lower blood cholesterol, reduce growth and even resorb atherosclerotic plaques. The use of  $\alpha$ -linolenic acid prevents the oxidation of cell membrane lipids, insulin resistance, promotes normal fetal development, growth processes, proper development of the brain, visual organs, gonads, improves the biochemistry of the nervous system, synapses, nerve impulse transmission, brain blood pressure and blood cholesterol levels. The article also covers the agronomic characteristics of hemp fruit, as well as the peculiarities of lipid formation processes.

**Key words:** hemp, oil, fatty acids, variety, iodine number, acid number.

Дата надходження до редакції: 22.10.2019 р.

## БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУРИ СОРГО

Жатова Галина Олексіївна

кандидат сільськогосподарських наук, професор  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-8606-6750  
gzhatova@ukr.net

Коваленко Марина Олександрівна

аспірантка  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-3678-5220  
marinavlad0050@gmail.com

Глобальні тенденції зміни кліматичних умов протягом останніх десятиліть привертають увагу наукової спільноти до культур, які вирізняються пластичністю до абіотичних факторів середовища. Саме сорго є видом, якому притаманні такі властивості. Сорго – культура з надзвичайно великими потенційними можливостями за рівнем врожайності та універсальністю використання. Сорго зернове належить до культур, спроможних формувати високий рівень продуктивності за різноманітних умов вирощування, забезпечення вологою, ґрунтів, температурних режимів. Серед польових культур сорго є беззаперечним лідером за здатністю переносити тривалі посухи, високі температури повітря та ґрунту.

Зміна клімату в бік аридизації розширює потенційний регіон вирощування культури зернового сорго. Останніми роками, через глобальні зміни клімату в бік потепління, спостерігається підвищення ймовірності посух не лише у зоні Степу, а й Лісостепу України. Це обумовлює зростання потреби у розширенні посівів посухо- і жаростійких культур. Основним аргументом більш інтенсивного залучення до агроценозів регіону зернового сорго є висока екологічна пластичність культури, здатна у несприятливих за значенням гідротермічного коефіцієнту агросезони бути повноцінною альтернативою іншим ярим зерновим (ячменю, кукурудзі, соняшнику, просу). Базисні елементи зональної технології вирощування зернового сорго, з метою отримання високих і сталих урожаїв зерна, у південних регіонах України вивчалася багатьма науковцями. Проте технологічні елементи вирощування сорго зернового в умовах північно-східного регіону України потребують детального дослідження для забезпечення формування високих і сталих урожаїв. На сьогодні до арсеналу виробників надійшли нові сучасні сорти і гібриди цієї культури, реакція яких на фактори формування продуктивності (строки сієби, густина стояння рослин, елементи живлення тощо) вивчені фрагментарно. Перспективи подальших досліджень ґрунтуються на розробці наукових принципів забезпечення високої продуктивності зернового сорго з якісними показниками в умовах північно-східного Лісостепу України.

**Ключові слова:** сорго, абіотичні фактори, стійкість до стресу, domestикація, адаптація.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.2>

**Вступ.** Глобальні тенденції зміни кліматичних умов протягом останніх десятиліть привертають увагу наукової спільноти до культур, які вирізняються пластичністю до абіотичних факторів середовища (Bilozor, 2005; Shrestha et al., 2016; Tari et al., 2013). Саме сорго є видом, якому притаманні такі властивості. Сорго – культура з надзвичайно великими потенційними можливостями за рівнем врожайності та універсальністю використання (Rakhmetov et al., 2015; Rooney & Waniska, 2000).

Сорго використовується для харчування людини, для годівлі тварин, отримання цукрового сиропу та етанолу, а також як будівельний матеріал. Багатопланове використання стало основою популярності культури у багатьох країнах. Нині сорго є одним із лідерів серед злакових культур у світі, що посідає п'яте місце після кукурудзи, пшениці, рису та ячменю. У світі спостерігається тенденція до збільшення посівних площ та валових урожаїв сорго. Найбільші площі в Європі зайняті під культурою у Франції, Італії, РФ, Албанії (Berenji & Dahlberg, 2004; Henley & Dahlberg, 2012). Зростання виробництва сорго пов'язане зі збільшенням попиту на продовольство та енергоносії. Нещодавнє з'ясування послідовності геному покращить майбутнє виробництво та харчові якості цієї культури (Muraya, 2014; Paterson, 2008).

Зернове сорго є найбільш поширеним видом сорго у

світі. Насіння є потужним енергетичним джерелом, завдяки високому вмісту клітковини та крохмалю і містить більше жиру, ніж пшениця, а також такий же відсоток білку, як й інші зернові. Додатковою перевагою сорго є те, що насіння не містить глютену і безпечно для людей з целиакією (Awika & Rooney, 2004; Ciacci et al. 2007; Henley et al., 2010).

Сорго зернове належить до культур, спроможних формувати високий рівень продуктивності за різноманітних умов вирощування, забезпечення вологою, ґрунтів, температурних режимів (Cherenkov et al., 2011; Makarov, 2006; Fedorchuk et al., 2017; Ortiz, et al., 2017). Серед польових культур сорго є беззаперечним лідером за здатністю переносити тривалі посухи, високі температури повітря та ґрунту (Dzhulai, 2012). Універсальність сорго як у різних сферах використання, так і внаслідок широкої адаптації до мінливості умов навколишнього середовища робить його перспективною культурою для вирощування у нашій країні.

В Україні сорго вирощують здебільшого у степовій зоні. Серед факторів, що стримують розширення площі посівів сорго в інших регіонах країни, є нестача ефективних температур упродовж вегетаційного періоду. Проте зміна клімату у бік аридизації розширює потенційний регіон вирощування культури зернового сорго. Разом з тим, сучасні кліматичні трансформації змушують аграріїв переглядати концепції та

практичні підходи до формування асортименту культур агроценозів, спроможних забезпечувати отримання стабільних й економічно обґрунтованих урожаїв (Adamenko, 2003; Semenova, 2015).

## 1. Таксономія та походження культури сорго

### 1.1. Систематика

Роду сорго притаманна велика генетична різноманітність. Світові колекції генетичних ресурсів культури нараховують біля 42 тисяч зразків (Tesfaye et al., 2017; Aniskina et al., 2019).

Основи таксономії роду розробили J. D. Snoden (1936) та O. Stapf (1934). Під було поділено на дві секції: *Eu-Sorghum* Stapf emend. *Snowd ma Para-Sorghum* Snowd. Види, що вирощували на насіння, були включені до секції *Eu-Sorghum*, серії *Sativa* і об'єднані у шість підсерій. В подальшому систематика удосконалювалася E. Garber (1950), J. R. Harlan, & De Wet J. M. J. (1972).

Оскільки генетичні бар'єри між таксонами відсутні, всі форми сорго було об'єднано в один вид – *S. bicolor* (L.) Moench (De Wet & Huckabay, 1967). Нині вид поділяють на два підвиди – *S. bicolor ssp. bicolor* і *S. bicolor ssp. arundinaceum*. Всі види, що культивуються, належать до підвиду *S. bicolor ssp. bicolor*, в якому виділяють кілька рас. На сьогодні всі культурні форми сорго об'єднані у вид "сорго двокольорове" – *Sorghum bicolor* (L.) Moench і розглядаються як раси або різновиди (Wiersema & Dahlberg, 2007).

### 1.2. Доместикація сорго

Доместикація рослин – це трансформація видів шляхом взаємодії з людиною та середовищем, і як наслідок – зростання репродуктивного успіху цих видів та їх продуктивності. В процесі доместикації відбуваються еволюційні зміни у морфології та фізіології, завдяки чому культурні рослини набувають здатності існувати у широкому географічному діапазоні у формі популяцій збільшеної чисельності (Ohadi et al., 2017).

Доместикація зернових – це сукупність генетичних та морфологічних пристосувань, які роблять дикорослу культуру більш придатною для вирощування, включаючи такі процеси як збирання, зберігання та сівбу (Fuller, 2007; Harris & Fuller, 2014). Ключовою зміною при доместикації є втрата природного способу поширення насіння шляхом руйнування волоті, що у дикій природі сприяє його розповсюдженню. Натомість одомашнені злаки зберігають зерно у волоті чи колосі і потребують обмолоту. Інші зміни, пов'язані з доместикацією, включають втрату насінням стану спокою та збільшення його розмірів (Dillon et al., 2007; Kahlheber & Neumann, 2007; Madella et al., 2014; Mercuri et al., 2018).

Еволюція доместикації зернових культур була складним процесом, що змінює тиск добору та періодичні епізоди інтрогресії. Вивчення геному *Sorghum bicolor* (Єгипет, Нубія) виявило стійке зниження у часові генетичного різноманіття у поєднанні з накопичувальним мутаційним навантаженням. Динамічний тиск добору діяв у напрямі габітусової й харчової доместикації, а також адаптації до умов місцевого середовища. Пізніше інтрогресія між расами сорго призвела до обміну адаптивними ознаками.

Доместикація сорго є моделлю одомашнення, при якій геномні адаптації відбувалися не на початкових стадіях, а впродовж всієї історії вирощування культури (Allaby, 2017; Winchell et al., 2018). Невеликий геном *Sorghum* (~730 Мб)

робить вид привабливою моделлю для функціональної геноміки виду та інших рослин C4-типу (Paterson et al., 2009).

Питання щодо часу та місця виникнення й одомашнення сорго дискутується впродовж тривалого часу. Дикоросле сорго перероблялося в Центральному Судані ще у п'ятому тисячолітті до нашої ери. Найдавніші відомості про одомашнене сорго датуються 2000 роком до н. е.

Сорго (*Sorghum bicolor*) складало невід'ємну частину харчування більшості населення неоліту та залізного віку в Сахельському регіоні та в інших регіонах Африки на південь від Сахари (Harlan, 1992). Останні археоботанічні дані вказують, що схід Судану та регіон між озером Чад і північно-західною Ефіопією є найбільш вірогідним центром доместикації сорго (Barich, 2016; Clark & Stemler, 1975; Fuller, 2013). Культурні традиції регіону та осідлість населення призвела до більш інтенсивного вирощування сорго, оскільки місцеві ресурси виснажувалися, ініціюючи процес доместикації (Clark & Stemler, 1975; Neumann, 2003; Beldados & Constantini, 2011).

Дослідники відзначають, що початок процесу доместикації сорго у східному Судані почався принаймні у четвертому тисячолітті до нашої ери і тривав аж до початку другого тисячоліття (Winchell et al., 2017; Beldados et al., 2018). Як вважали раніше (Beldados et al., 2011), а нещодавно цей факт було підтверджено (Winchell et al., 2017), екологічні та соціальні умови, наявні у зоні родючої савани на півдні Атбаю (східний Сахель, Судан), були оптимальними для одомашнення сорго. Це відповідає свідченням щодо доместикації інших злаків, таких як близькосхідна пшениця, ячмінь та китайський рис, тобто еволюція морфологічно доместикованого сорго була тривалим процесом (Fuller, 2003; Fuller et al., 2016; Stevens & Fuller, 2017).

Дослідження, проведені у кінці ХХ ст. стверджували, що пізня доместикація виду може бути наслідком перехресного запилення сорго у природному середовищі (Rowley Conwy et al., 1997). Проте нині вважають, що, як і у випадку з іншими зерновими культурами, які пройшли доместикацію в інших регіонах планети, інтенсивне вирощування призводить до еволюції морфологічних ознак, незалежно від виду запилення (наприклад, самозапилення пшениці та ячменю або перехресне запилення рису) (Allaby, 2010; Fuller, 2007; Fuller et al., 2009; Fuller et al., 2016).

Доместикація видів сільськогосподарських культур (завдяки відносно недавньому минулому (<12 000 років тому), є зручною моделлю для вивчення еволюційних процесів та їх ключової ролі у селекції, поширенні та диверсифікації. Нещодавні дослідження, зокрема – кількісне картографування локусів ознак, ресеквенування геному, виявили гени, пов'язані з початковою доместикацією та подальшою диверсифікацією культур. Ці дослідження розкривають функції генів, які беруть участь в еволюції культур, що перебувають у процесі доместикації, типи мутацій, що відбуваються під час цього процесу, і паралельність мутацій, що мають місце в одних і тих же білках, а також селективні фактори, які діють на ці мутації й пов'язані з географічною адаптацією видів сільськогосподарських культур (Meyer et al., 2013; Smith et al., 2019).

## 2. Абіотичні фактори і сорго

### 2.1. Фотоперіод

Сорго – рослина короткого дня, з вираженою реакцією на світловий період. Існують значні генотипові відмінності у фотоперіодичних потребах, особливо при переході від вегетативної до генеративної фаз розвитку. Пізньостиглі сорти

відзначаються високою чутливістю до фотоперіоду. Експерименти з сортами сорго, проведені уздовж широтного градієнта в Малі (Abdulai et al., 2012.) виявили, що навіть невелика різниця у тривалості дня спричиняла зміни вегетативної фази розвитку до 3 тижнів.

Вирощування сорго на зерно у регіонах з помірним кліматом ініціювало отримання мутантів, нечутливих до тривалості світлового дня, які можуть швидко зацвітати у довгі дні літнього періоду. Генотипи сорго дикого типу активно ростуть влітку, накопичують значну вегетативну біомасу і переходять до генеративної фази розвитку в короткі осінні дні. Таким чином, нечутливі до фотоперіоду мутанти вирощують для виробництва зерна, в той час як генотипи дикого типу, чутливі до фотоперіоду, вирощують для виробництва кормів і біомаси.

Однак молекулярний механізм фотоперіодичної реакції і перехід до утворення квіток у сорго вивчені недостатньо. Повідомляється про три гомологи FLOWERING LOCUS T (SbFT1, SbFT8 і SbFT10), які слугують кінцевими медіаторами відповіді на фотоперіод та переходу до фази цвітіння (Murphy et al., 2011; Wolabu et al., 2016; Yang et al., 2014).

Проте початок генеративної фази – не єдина ознака, на яку впливає фотоперіод. Інші параметри розвитку, включаючи висоту рослини, товщину стебла та розмір листків, помітно відрізняються в умовах росту довгого та короткого світлового дня. В умовах короткого світлового дня вегетативний ріст значно зменшується, а перехід до фази цвітіння прискорюється (Wolabu et al., 2016).

## 2.2. Температура

Сорго – це теплолюбна культура, що потребує високих температур для росту та розвитку. За повідомленнями деяких авторів температурний оптимум становить 32–36 °C. Дефіцит у ґрунтовій воді та чутливість сортів до температурного стресу є головними факторами, що визначають строки сівби в посушливих регіонах (Teetor et al., 2011). Тривалий високо-температурний стрес затримує появу волоті та зменшує висоту рослин, негативно впливає на утворення насіння, його кількість та розмір, урожайність, параметри продуктивності. Короткі (10-денні) періоди високих температур під час цвітіння та за 10 днів до початку цвітіння спричиняють максимальне зниження утворення насіння та врожайності (Prasad et al., 2008). Високотемпературний стрес також може призвести до зменшення біомаси та виходу цукру. Фотосинтетична активність, світлові реакції та активність ферментів циклу Кальвіна є надзвичайно чутливими до теплового стресу (Yan et al., 2011; Yan et al., 2012). В зоні помірного клімату сівба сорго навесні стримується стресогенно низькими температурами. Сорго чутливе до холодів на всіх етапах онтогенезу. Насіння не може проростати нижче температури ґрунту 10 °C (Anda & Pinter, 1994). На формування посіву та ранній розвиток рослин негативно впливають температури повітря та ґрунту нижче 15 °C (Gill et al., 2003; Prasad, et al., 2008; Yu & Tuinstra, 2001).

Строки сівби визначають загальний вміст цукру та формування біомаси сорго: чим пізніші строки сівби, тим нижчою є врожайність вегетативної маси у посушливих умовах (Almodares & Mostafi Darany, 2006). Встановлено, що низькотемпературний стрес спричиняє значне зниження здатності рослин до фотосинтезу (Ercoli et al., 2004). Для одержання ліній сорго зі стабільною та високою холодостійкістю на початку

вегетації виявили молекулярні маркери із повторенням простих послідовностей (SSR), пов'язані з різними ознаками щодо ранньо-сезонної толерантності до холоду (Burgow et al., 2011).

Нещодавно було виявлено, що фотосинтетична активність залежить не тільки від денної температури, але і від температури у нічний період (Prasad Vaga and Djanaguiraman, 2011). Температури  $\geq 36/26$  °C (денні/нічні) суттєво знижують продуктування пилку, його життєздатність, утворення насіння, урожай насіння та індекс врожаю, порівняно з температурами 32/22 °C (Prasad et al., 2006). Температури 38/21 °C значно прискорюють розвиток і зменшують висоту рослини та площу листка. Сорго, як і інші культури, чутливе до теплового стресу під час цвітіння через зменшення життєздатності пилку, що веде до зниження врожаю (Prasad et al., 2008; Prasad et al., 2015; Prasad et al., 2019). Високі температури негативно впливають на життєздатність пилку та зав'язування насіння. Встановлено, що пиляки та пилкові зерна сорго більш чутливі до дії високих температур, ніж структури маточки (Djanaguiraman et al., 2018; Nguyen et al., 2013). Високотемпературний стрес (40/30 °C денні/нічні температури) також знижує вміст хлорофілу, швидкість фотосинтезу та антиоксидантну активність ферментів, але збільшує продукцію оксидантів та веде до пошкодження мембран, порівняно з контрольними рослинами, що ростуть за оптимальних температур (32/22 °C).

## 2.3. Посуха

Періоди посухи можуть виникати на будь-якій стадії вегетації рослин. Посуха негативно впливає на площу листків, утворення біомаси, зерна, врожайність та на посів сорго у цілому. Здатність витримувати посуху та відновлюватися залежить від ступеня та інтенсивності посушливих періодів. Ефективність використання води та інші фізіологічні особливості сорго свідчать про те, що цей вид може успішно адаптуватися до посухи. Адаптації для уникнення посухи включають зменшення площі листової поверхні та її швидкий ріст, раннє дозрівання, ремобілізацію запасів стебла, скручування листків (завдяки наявності специфічних клітин) тощо.

Швидке відновлення рослин після посухи та подальше виживання є важливим фактором в умовах стресу. Потужна коренева система, у тому числі і поверхнева, допомагає швидко відновлюватися після стресу. Генотипи сорго з глибокою кореневою системою здатні до засвоєння навіть мінімальної кількості вологи з поверхневого шару ґрунту та повітря. З розвитком рослин здатність до відновлення після посухи зменшується.

За фенотиповими ознаками посухостійкі генотипи сорго мають, як правило, світло-зелені, прямостоячі, вузькі листки з блискучою поверхнею. Для рослин, чутливих до посухи, притаманні темно-зелені, широкі, пониклі листки з матовою поверхнею.

Дефіцит води може негативно впливати на проростання насіння та швидкість росту проростків у польових умовах, проте сорго добре пристосовується до напівзасушливих зон (Patan'è et al., 2013). У сорго є дві стратегії адаптації до дефіциту води: толерантність до зменшення водного потенціалу та уникнення водного стресу через глибоке та екстенсивне формування коренів. Посухостійкість сорго пояснюється не тільки морфологічними ознаками (щільна коренева система) (Mayaki et al., 1976), а й фізіологічними факторами (здатність регулювати продишову щільність, фотосинтез за низького потенціалу води, осмотичні адаптації) (Ludlow et al.



1990). Посухостійкі генотипи характеризуються відкладенням шару воску на поверхні листя, що підвищує відбивальну здатність листя та сприяє зниженню транспірації (Surwenshi et al., 2010). Пізньостиглі сорти можуть ефективніше переносити дефіцит води.

Посуха має стресовий вплив на фотосинтетичну активність, провідність продихів та транспірацію (Younis et al., 2000). Порівнюючи різні зразки сорго, було виявлено, що кореляції між LAI, NAR та RGR із вмістом сахарози та загального цукру були позитивними, тоді як для вмісту глюкози, фруктози, мальтози та ксилози ці зв'язки були негативними. З ростом рослин LAI, NAR та RGR збільшуються паралельно із накопиченням сахарози та зменшенням інвертованого цукру (Almodares et al., 2007).

Чутливість сорго до нестачі води залежить від стадії розвитку. Відмічається, що рослини дуже чутливі до посухи на вегетативній та ранньо-репродуктивній стадіях. У пізній репродуктивній фазі їх потреба у воді виявляється значно нижчою, але врожайність зменшується через термінальну посуху (Younis et al., 2000; Xie et al., 2010).

Проте ряд дослідників виявили (Oliveira Neto et al., 2009), що рослини були найбільш чутливими до посухи на стадії дозрівання, що, мабуть, було пов'язано з їх більш високими показниками транспірації. В умовах водного стресу відбувається накопичення розчинних вуглеводів, сахарози, глюкози та фруктози у тканинах листків під час вегетативно-репродуктивної стадії.

Як стрес-стійкі, так і чутливі до посухи рослини накопичують сахарозу і крохмаль після цвітіння у стеблах. Однак при дозріванні рослин спостерігається зниження цих параметрів. Це свідчить про те, що рослини були здатні осмотично адаптуватися за рахунок прискороженого розкладання крохмалю і утворення розчинних цукрів на вегетативній та початку репродуктивної стадії розвитку.

Добрива, що містять кремній (Si) покращують ріст сорго в умовах водного дефіциту, збільшують поглинання коренем води та зменшують осмотичний потенціал у клітинах кореня, що вказує на осмотичну регуляцію. Під тиском посухи кремнезем відкладається в епідермі кореня і запобігає руйнуванню тканин. Біохімічний аналіз показав, що після застосування Si розчинні цукри та амінокислоти (аланін та глутамінова кислота) накопичуються у тканинах кореня (Sonobe et al., 2010). У рослин також спостерігали вищу транспіраційну активність продихів та швидкість фотосинтезу (Sonobe et al., 2009).

#### 2.4. Живлення

Добрива сприяють процесу формування біомаси сорго. Рослини добре реагують як на органічні, так і на неорганічні добрива (Akwası et al., 2017; Amuyojegbe et al., 2007; Aune et al., 2007).

Азот є важливим елементом для синтезу білку, росту листків, біомаси та врожайності. Нестача азоту може значно пригнітити ріст та продуктивність рослин сорго. Однак ефект дії азотних добрив виявився суперечливим. Збільшення надходження азоту у вигляді компостованих речовин сприяє росту та живленню рослин. Компост посилює утворення біомаси целюлози у рослинах сорго у середній фазі вегетації. Проте надмірне азотне живлення є небажаним (Barbanti et al., 2011). Підживлення азотом збільшує вміст сухої речовини у стеблах, не збільшуючи вмісту цукру в тканинах (Samarendra Barik et al., 2017; Samuel Saaka et al., 2012).

Було виявлено, що stay-green фенотипи сорго виявляють більш високу інтенсивність використання та поглинання азоту (Addy et al., 2010; Borrell & Hammer, 2000). Неорганічний азот також обумовлює накопичення сухої речовини у рослинах. Дослідження показали, що концентрація азоту від 3,0 до 5,1 % у пагонах молодих рослин (фаза утворення 8-го листка) та від 1,9 до 4,0 % у верхніх листках (фаза цвітіння та наливання зерна) є достатніми для росту зернового сорго. Оптиміальне азотне живлення підвищує інтенсивність фотосинтезу, позитивно впливає на транспіраційну активність (Sechin, 2004; Cosentino, et al., 2012).

Після надходження азоту в рослину через кореневу систему, важливим етапом є його розподіл в рослині та мобілізація у насінні. В процесі формування насіння можливі два джерела надходження азоту: як результат мінерального живлення за рахунок транспіраційного потоку (від кореневої системи до волоті) та використання попередньо накопиченого азоту у стеблах та листках як продуктів фотосинтезу. За відсутності оптимального азотного живлення наливання насіння відбувається при значному зменшенні загального азоту як у листках, так і у коренях (Gebrelibanos Gebremariam & Dereje Assefa, 2015).

Азотний стрес має значний вплив на компоненти врожайності (кількість насіння) та концентрацію у ньому азоту. Продемонстровано, що рослини, які зазнали дефіциту азоту між сівбою та початком утворення квітки, формували невелику волоть із меншою кількістю пагонів, ніж контрольні рослини. Нестача азоту призвела до відмирання від 16 до 30 % утворених квіток (Zhao et al., 2005).

Щодо інших елементів живлення, підвищення рівню калію суттєво покращує показники врожайності та його якості. Зі збільшенням надходження калію зростає ефект від застошування цинку (Curtis et al., 2015). Фосфорне живлення сорго залежить від концентрації P-форм, доступних для рослини у ґрунті. Надходження фосфору впливає на фотосинтетичні показники, синтез крохмалю та транспорт цукрів через мембрану хлоропласту, а отже на ріст та врожайність рослин. Дефіцит фосфору веде до зниження біомаси рослин сорго, знижує швидкість фотосинтезу, ефективність карбоксилювання, вироблення АТФ та швидкість регенерації рибульози-1,5-біфосфату (Abida et al., 2007; Khorasgani et al., 2009; Ramadan, 2003; Ripley et al., 2004).

Фотосинтетична активність рослин визначається не тільки наявністю макроелементів, але й мікроелементами, такими як Mg, Mn, Fe. Критичні рівні Mn необхідні для розщеплення води в рослинах C3 та C4-типів (Issa Piri, 2012; Choudhary et al., 2015). Сорго чутливе до дефіциту заліза. При дефіциті Fe фотосинтетичний апарат сорго серйозно пошкоджується (Mikami et al., 2011). Бор також відіграє важливу роль у життєвих процесах рослини, включаючи активність меристеми, метаболізм цукрів, вуглеводнів та їх транспорт, утворення та перенесення РНК та цитокініну, формування пилку та утворення насіння (Dakshinamurthy & Rao, 2008).

**Висновки.** З глобальним потеплінням спостерігається тенденція передислокації посівів сорго у напрямку півночі. Унікальні особливості культури, здатність до морфолого-фізіологічних адаптацій, висока стійкість до стресогенних факторів сприяють цьому процесу. Сорго як високоенергетична культура, що використовує менше ресурсів для отримання енергії та живлення, а також є ідеальною для посушливих або маргінальних умов, може бути альтернативою

ярим зерновим.

Врожайний потенціал сорго зернового не реалізований, проте з залученням сучасних сортів та гібридів та удосконаленими агротехнологіями існують реальні можливості для досягнення високого рівня продуктивності. Перспективи

подальших досліджень ґрунтуються на розробці наукових принципів забезпечення високої продуктивності зернового сорго, з метою стабілізації економічної та екологічної ситуації в агроценозах північно-східного Лісостепу України.

#### Бібліографічні посилання:

1. Bilozor, L. V. (2005). Osoblyvosti formuvannia rynku innovatsiinoi produktsii v ahramnii sferi [Features of formation of the market of innovative production in agrarian spheres]. *Ekonomika APK*, 2, 106–111 (in Ukrainian). doi: 10.31548/dopovidi2019.02.011
2. Shrestha, A., Cox, R., Wu, Y., Robles, O., Larocca de Souza, L., Wright, S. & Dahlberg, J. (2016). Moisture and Salt Tolerance of a Forage and Grain Sorghum Hybrid during Germination and Establishment. *Journal of Crop Improvement*, 30(6), 668–683. doi: 10.1080/15427528.2016.1219895
3. Tari, I., Laskay, G., Takacs, Z., & Poor, P. (2013). Response of sorghum to abiotic stresses: A review. *J. Agron. Crop. Sci.*, 199, 264–274. doi: 10.1111/jac.12017
4. Rakhmetov, D. B., Korablova, O. A., Stadnichuk, N. O., Andrushchenko, O. L., Kovtun-Vodyanytska, S. M., Revunova, L. G., & Bondarchuk, O. P. (2015). Kataloh roslyn viddilu novykh kultur [Catalogue of plants of New Culture Department]. Kyiv, Fitiotsiotsentr. (in Ukrainian). doi: 10.21498/2518-1017.16.3.2020.214927
5. Rooney, L. W., & Waniska, R. D. (2000). Sorghum food and industrial utilization. In: C. W. Smith, and R. A. Frederiksen (eds), *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production*, 689–729. John Wiley & Sons Inc., New York. doi: 10.1080/17429140701722770
6. Berenji, J. & Dahlberg, J. (2004). Perspectives of Sorghum in Europe. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 190. 332–338. doi: 10.1111/j.1439-037X.2004.00102.x
7. Henley, E. C & Dahlberg, J. (2012). Sorghum: An Ancient Grain with Present-Day Benefits. *Food technology*, 66, 19–19.
8. Muraya, M. M. (2014). Sorghum genetic diversity. *Genetics, Genomics and Breeding of Sorghum*; Wang, Y.-H., Upadhyaya, H. D., Kole, C., Eds.; CRC Press Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 114–140.
9. Paterson, A. H. (2008). Genomics of sorghum. *Int. J. Plant Genomics*, 2008, article ID 362451. doi:10.1155/2008/36245
10. Awika, J. M. & Rooney, L. W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65, 1199–1221. doi: 10.1016/j.phytochem.2004.04.001
11. Ciacci, C., Maiuri, L., Caporaso, N., Bucci, C., Giudice, L. D., Massardo, D. R., Pontieri, P., Fonzo, N. D., Bean, S. R., Ioerger, B. & Londei, M. (2007). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65, 1199–1221.
12. Henley, E. C., Taylor, J. R. N. & Obukosia, S. (2010). The importance of dietary protein in human health: Combating protein deficiency in Sub-Saharan Africa through transgenic biofortified sorghum. *Adv in Food and Nutr Res.*, 60, 21–52.
13. Cherenkov, A. V., Shevchenko, M. S., Dziubetskyi, B. V., Cherchel, V. Yu., Bodenko, N. A., Yalanskyi, O. V. & Benda, R. V. (2011). Sorhovi kultury: tekhnolohiia, vykorystannia, hibrydy ta sorty [Sorghum crops: technology, use, hybrids and varieties]. Dnipropetrovsk, Royal Print (in Ukrainian).
14. Makarov, L. Kh. (2006) Sorhovi kultury [Sorghum crops]. Kherson, Ailant, 264. (in Ukrainian). doi: 10.47414/na.7.2019.204818
15. Fedorchuk, M. I., Kokovikhin, S. V. & Kalenska, S. M. (2017). Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannia ekolooho-bezpechnykh tekhnolohii vyroshchuvannia ta pererobky sorho v stepovii zoni Ukrainy [Scientific and theoretical principles and practical aspects of the formation of environmentally friendly technologies for growing and processing sorghum in the steppe zone of Ukraine]. Kherson, 208 (in Ukrainian).
16. Ortiz, D., Hu, J., & Salas Fernandez, M. G. (2017). Genetic architecture of photosynthesis in Sorghum bicolor under non-stress and cold stress conditions. *J. Exp. Bot.*, 68, 4545–4557. doi: 10.1186/s12870-015-0477-6
17. Dzhulai, N. P. (2012). Popovnennia rynku sortiv roslyn Ukrainy: sorho zvychaine (dvokolorove) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). [Replenishment of the market of plant varieties of Ukraine: Sorghum bicolor (L.) Moench.] *Plant Var. Stud. Prot.*, 3, 45–51 (in Ukrainian). doi: 10.21498/2518-1017.3(17).2012.58830
18. Adamenko, T. (2003). Pohoda i posivy. [Weather and crops]. *Ahronom*, 11, 6 (in Ukrainian).
19. Semenova, I. H. (2015). Prostorovo-chasovyi rozpodil posukh v Ukraini v umovakh maibutnoi zminy klimatu. [Spatio-temporal distribution of droughts in Ukraine in the conditions of future climate change]. *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia*, 1, 144–150 (in Ukrainian).
20. Tesfaye, K. (2017). Genetic diversity study of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes, Ethiopia. *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*, 9(1), 44–54. doi: 10.1515/ausae-2017-0004
21. Aniskina, Yu. V., Malinovskaya, E. V., Miczurova, V. S., Velishaeva, N. S., Kolobova, O. S. & Shilov, I. A. (2019). Issledovanie geneticheskogo raznoobraziya sorogo s ispol'zovaniem tekhnologii mul'tipleksnogo mikrosatelitnogo analiza. *Biotekhnologiya i selektsiya rastenij* [The study of the sorghum genetic diversity using the multiplex microsatellite analysis]. *Plant Biotechnology and Breeding*, 2(3), 20–29 (in Russian). doi: 10.30901/2658-6266-2019-3
22. Snowden, J. D. (1936). Cultivated races of sorghum. London, Adlard and Sons.
23. Stapf, O. (1934). Gramineae, sorghum. D. Praln (ed.). *Flora of Tropical Africa*, 9. London, 104–154.
24. Garber, E. D. (1950). Cytotaxonomic studies in the genus Sorghum. Berkeley: University of California Press. University of

California publications in botany, 23(6), 361.

25. De Wet, J.M.J. & Huckabay, J. P. (1967) The origin of *Sorghum bicolor*. II. Distribution and domestication. *Evolution*, 21(4), 787–802. doi: 10.1111/j.1558-5646.1967.tb03434

26. Harlan, J. R., & De Wet, J. M. J. (1972). A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Science*, 12(2), 172–176. doi: 10.2135/cropsci1972.0011183x001200020005x

27. Wiersema, J. H. & Dahlberg, J. (2007). The nomenclature of *Sorghum bicolor* (L.) Moench (*Gramineae*). *Taxon*, 56(3), 941–946. doi: 10.2307/25065876

28. Ohadi, S., Hodnett, G., Rooney, W. & Bagavathiannan, M. (2017). Gene flow and its consequences in *Sorghum* spp. *Crit. Rev. Plant Sci.* 36, 367–385. doi: 10.1080/07352689.2018.1446813

29. Fuller, D. Q. (2007). Contrasting patterns in crop domestication and domestication rates: Recent archaeobotanical insights from the Old World. *Annals of Botany*, 100, 903–924. doi: 10.1093/aob/mcm048

30. Harris, D. R., & Fuller, D. Q. (2014). Agriculture: Definition and overview. In C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of global archaeology*, New York. Springer, 104–113.

31. Dillon, S. L., Shapter, F. M., Henry, R. J., Cordeiro, G., Izquierdo, L. & Lee, L. S. (2007). Domestication to crop improvement: genetic resources for sorghum and saccharum (*Andropogoneae*). *Ann Bot.*, 100(5), 975–989. doi: 10.1093/aob/mcm192

32. Kahlheber, S. & Neumann, K. (2007). The development of plant cultivation in semiarid West Africa. In T. Denham, J. Iriarte, & L. Vrydaghs (Eds.), *Rethinking agriculture: Archaeological and ethnoarchaeological perspectives*. Walnut Creek, Left Coast Press, 320–345.

33. Madella, M., García-Granero, J., Out, W., Ryan, P., & Usai, D. (2014). Microbotanical evidence of domestic cereals in Africa 7000 years ago. *PLoS One*, 9(10). doi: 10.1371/journal.pone.0110177

34. Mercuri, A. M., Fornaciari, R., Gallinaro, M., Vanin, S., & Di Lernia, S. (2018). Plant behaviour from human imprints and the cultivation of wild cereals in Holocene Sahara. *Nature Plants*, 4(2), 71–81. doi: 10.1038/s41477-017-0098-1

35. Allaby, R., G., Lucas, S.C., Leilani, M. O. & Fuller, D. Q. (2017). Geographic mosaics and changing rates of cereal domestication. *Phil. Trans. R. Soc. B*37220160429. doi: 10.1098/rstb.2016.0429

36. Winchell, F., Stevens, C., Murphy, C., Champion, L. & Fuller, D. Q. (2017). Evidence for sorghum domestication in Fourth Millennium BC eastern Sudan: Spikelet morphology from ceramic impressions of the Butana Group. *Current Anthropology*, 58(5). doi: 10.1086/693898.

37. Paterson, A., Bowers, J., Bruggmann, R., & Rokhsar, D. S. (2009). The *Sorghum bicolor* genome and the diversification of grasses. *Nature*, 457, 551–556. doi: 10.1038/nature07723

38. Harlan, R. J., de Wett, J. M. J., & Price, E. (1973). Comparative evolution of cereals. *Evolution*, 27(2), 311–325. doi: 10.1111/j.1558-5646.1973.tb00676.x

39. Barich, B. (2016). The introduction of Neolithic resources to North Africa: A discussion in light of the Holocene research between Egypt and Libya. *Quaternary International*, 410, 198–216. doi:10.1016/j.quaint.2015.11.138

40. Clark, J., & Stemler, A. (1975). Early domestication of sorghum from Central Sudan. *Nature*, 254, 588–591. doi: 10.1038/254588a0

41. Fuller, D. Q. (2013). Earliest sorghum in Sudan [blog post]. February 2013. [Electronic resource]. Access mode: <http://archaeobotanist.blogspot.co.uk>

42. Neumann, K. (2003). The late emergence of agriculture in subSaharan Africa: Archaeobotanical evidence and ecological considerations. In K. Neumann, A. Butler, & S. Kahlheber (Eds.), *Fuel, foods and fields: Progress in African archaeobotany*. *Africa Praehistorica*, 15, Köln: Heinrich-Barth Institute, 71–92.

43. Beldados, A., & Constantini, L. (2011). Sorghum exploitation at Kassala and its environs, north eastern Sudan in the second and first millennium B.C. *Nyame Akuma*, 75, 33–39.

44. Beldados, A., Manzo, A., Murphy, C., Stevens, C. J., & Fuller, D. Q. (2018). Evidence of sorghum cultivation and possible pearl millet in the second millennium BCE at Kassala, Eastern Sudan. In A. M. Mercuri, A. Hohn, & A. C. D'Andrea (Eds.). *Plants and people, Progress in African archaeobotany*. New York, Springer.

45. Fuller, D. Q. (2003). African crops in prehistoric South Asia: A critical review. In K. Neumann, A. Butler, & S. Kahlheber (Eds.), *Food, fuel, and fields: Progress in African archaeobotany*. Cologne, Heinrich-Barth Institute, 239–271.

46. Fuller, D. Q., Stevens, C., Lucas, L., Murphy, C., & Qin, L. (2016). Entanglements and entrapment on the pathway toward domestication. In L. Der & F. Fernadini (Eds.), *Archaeology of entanglement* Walnut Creek: Left Coast Press, 151–172.

47. Stevens, C., & Fuller, D. Q. (2017). The spread of agriculture in Eastern Asia: Archaeological bases for hypothetical farmer/language dispersals. *Language Dynamics and Change*, 7. doi: 10.1163/22105832-00702001

48. Rowley-Conwy, P. A., Deakin, W. J., & Shaw, C. H. (1997). Ancient DNA from archaeological sorghum (*Sorghum bicolor*) from Qasr Ibrim, Nubia: implications for domestication and evolution and a review of archaeological evidence. *Sahara*, 9, 23–36.

49. Allaby, R. (2010). Integrating the processes in the evolutionary system of domestication. *Journal of Experimental Botany*, 61, 935–944. doi: 10.1093/jxb/erp382

50. Fuller, D. Q., Qin, L., Zheng, Y., Zhao, Z., Chen, X., Hosoya, L., & Sun, G. (2009). The domestication process and domestication rate in rice: Spikelet bases from the Lower Yangtze. *Science*, 323, 1607–1610. doi: 10.1126/science.1166605

51. Meyer, R. & Purugganan, M. (2013). Evolution of crop species: genetics of domestication and diversification. *Nat Rev Genet*, 14, 840–852. doi: 10.1038/nrg3605

52. Smith, O., Nicholson, W.V. & Kistler, L. (2019). A domestication history of dynamic adaptation and genomic deterioration in Sorghum. *Nat. Plants*, 5, 369–379. doi: 10.1038/s41477-019-0397-9

53. Abdulai, A. L., M. Kouressy, M. Vaksman, F. Asch, M. Giese & Holger, B. (2012). Latitude and date of sowing influences phenology of photoperiod-sensitive sorghums. *J. Agric. Crop Sci.*, 198, 340–348. doi: 10.1111/j.1439-037X.2012.00523.x
54. Wolabu, T. W. & Million, T. (2016). Photoperiod response and floral transition in sorghum. *Plant Signaling & Behavior*, 11, 12. doi: 10.1080/15592324.2016.1261232
55. Yang, S., Murphy, R., Morishige, D., Klein, P. & Rooney, W. (2014). Sorghum phytochrome B inhibits flowering in long days by activating expression of SbPRR37 and SbGHD7, repressors of SbEHD1, SbCN8 and SbCN12. *PLoS ONE*, 9:e105352. doi: 10.1371/journal.pone.0105352
56. Murphy, R., Klein, R. R., Morishige, D. T., Brady, J. A., Rooney, W. L., Miller, F. R., Dugas, D.V., Klein, P. E. & Mullet, J. E. (2011). Coincident light and clock regulation of pseudoreponse regulator protein 37 (PRR37) controls photoperiodic flowering in sorghum. *Proc Natl Acad Sci USA*, 108, 16469–16474. doi: 10.1073/pnas.1106212108
57. Wolabu, T. W., Zhang, F., Niu, L., Kalve, S., Bhatnagar-Mathur, P., Muszynski, M.G. & Tadege, M. (2016). Three FLOWERING LOCUS T-like genes function as potential florigens and mediate photoperiod response in sorghum. *New Phytol*, 210, 946–959. doi: 10.1111/nph.13834
58. Teetor, V. H., Duclos, D. V., Wittenberg, E. T., Young, K. M., Chawhuaymak, J., Riley, M. R. & Ray, D. T. (2011). Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Ind. Crops Prod.*, 34, 1293–1300. doi: 10.1016/j.indcrop.2010.09.010
59. Anda, A. & Pinter, L. (1994). Sorghum germination and development as influenced by soil temperature and water content. *Agronomy Journal - AGRON J.*, 86. doi: 10.2134/agronj1994.00021962008600040008x
60. Yu, J. & Tuinstra, M. (2001). Genetic analysis of seedling growth under cold temperature stress in grain sorghum seedlings. *Crop Sci.*, 41, 1438–1443. doi: 10.2135/cropsci2001.4151438x
61. Prasad, P. V. Vara, Pisipati, S., Mutava, R., & Tuinstra, M. (2008). Sensitivity of grain sorghum to high temperature stress during reproductive development. *Crop Science*, 48, 1911–1917. doi: 10.2135/cropsci2008.01.0036
62. Prasad, P. V. V., Boote, K. & Allen, L. (2006). Adverse high temperature effects on pollen viability, seed-set, seed yield and harvest index of grain-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissue temperatures. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139, 237–251. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.07.003
63. Nguyen, C., Singh, V., Oosterom, E., Chapman, S., Jordan, D., & Hammer, G. (2013). Genetic variability in high temperature effects on seed-set in sorghum. *Functional Plant Biology*, 40, 439. doi: 10.1071/FP12264
64. Djanaguiraman, M., Perumal, R., Jagadish, S.V.K., Ciampitti, I. A., Welti, R., & Prasad, P. V. V. (2018). Sensitivity of sorghum pollen and pistil to high-temperature stress. *Plant Cell Environ.*, 41(5), 1065–1082. doi: 10.1111/pce.13089
65. Prasad, P. V. Vara, Maduraimuthu, D., Jagadish, K., & Ciampitti, I. (2019). Drought and high temperature stress and traits associated with tolerance. doi: 10.2134/agronmonogr58.c11
66. Prasad, P. V. Vara, Maduraimuthu, D., Perumal, R., & Ciampitti, I. (2015). Impact of high temperature stress on floret fertility and individual grain weight of grain sorghum: Sensitive stages and thresholds for temperature and duration. *Frontiers in Plant Science*, 6, 820. doi: 10.3389/fpls.2015.00820
67. Gill, P. K., Sharma, A. D., Singh, P., & Bhullar, S. S. (2003). Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. *Plant Growth Regul.*, 40, 157–162. doi: 10.1023/a:102425222376
68. Almodares, A. & Mostafi Darany, S. M. (2006). Effects of planting date and time of nitrogen application on yield and sugar content of sweet sorghum. *J. Environ. Biol.*, 27, 601–605.
69. Ercoli, L., Mariotti, M., Masoni, A. & Arduini, I. (2004). Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure. *Eur. J. Agron.*, 2, 93–103. doi: 10.1016/s1161-0301(03)00093-5
70. Burrow, G., Burke, J. J., Xin, Z. & Franks, C. D. (2011). Genetic dissection of early-season cold tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Mol. Breeding*, 28, 391–402. doi: 10.1007/s11032-010-9491-4
71. Yan, K., Chen, P., Shao, H., Zhang, L. & Xu, G. (2011). Effects of short-term high temperature on photosynthesis and photosystem II performance in sorghum. *J. Agron. Crop Sci.*, 197, 400–408. doi: 10.1111/j.1439-037X.2011.00469.x
72. Yan, K., Chen, P., Shao, H., Zhao, S., Zhang, L., Xu, G. & Yun, S. (2012). Responses of photosynthesis and photosystem II to higher temperature and salt stress in sorghum. *J. Agron. Crop Sci.*, 198, 218–226. doi: 10.1111/j.1439-037X.2011.00498.x
73. Pavli, O. I., Ghikas, D. V., Katsiotis, A. & Skaracis, G. N. (2011). Differential expression of heat shock protein genes in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes under heat stress. *Austr. J. Crop Sci.*, 5, 511–515. doi: 10.1007/s13562-012-0156-8
74. Patan'e, C., Saita, A. & Sortino, O. (2013). Comparative effects of salt and water stress on seed germination and early embryo growth in two cultivars of sweet sorghum. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(1), 30–37. doi: 10.1111/j.1439-037X.2012.00531.x
75. Mayaki, W. C., Stone, L. R. & Teare, I. D. (1976). Irrigated and non-irrigated soybean, corn and grain sorghum roots systems. *Agron. J.*, 68, 532–534.
76. Ludlow, M. M., Santamaria, J. M. & Fukai, S. (1990). Contribution of osmotic adjustment to grain yield of *Sorghum bicolor* (L.) Moench under water-limited conditions. II. Post-anthesis water stress. *Aust. J. Agric. Res.*, 41, 67–78. doi: 10.1071/ar9900067
77. Surwenshi, A., Chimmad, V. P., Jalageri, B. R., Kumar, V., Ganapathi, M. & Nakul, H. T. (2010). Characterization of sorghum genotypes for physiological parameters and yield under receding soil moisture conditions. *Res. J. Agric. Sci.*, 1, 242–244.
78. Younis, M. E., El-Shahaby, O. A., Abo-Hamed, S. A. & Ibrahim, A. H. (2000). Effects of water stress on growth, pigments and <sup>14</sup>C<sub>2</sub> assimilation in three sorghum cultivars. *J. Agron. Crop Sci.*, 185, 73–82. doi: 10.1046/j.1439-037x.2000.00400.x
79. Almodares, A., Taheri, R. & Adeli, S. (2007). Inter-relationship between growth analysis and carbohydrate contents of

sweet sorghum cultivars and lines. J. Environ. Biol., 28, 527–531.

80. Xie, T., Su, P. & Shan, L. (2010). Photosynthetic characteristics and water use efficiency of sweet sorghum under different watering regimes. Pak. J. Bot., 42, 3981–3994.

81. Neto, Oliveira C.F., Lobato, A., Gonçalves-Vidigal, C., Costa, R.C.L., Filho, B., Alves, G.A.R., Maia, W.J.D.M.E.S., Cruz, F., Neves, H. K. B., & Lopes, M. J. (2009). Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. J. Food Agric. Environ., 7, 588–593.

82. Sonobe, K., Hattori, T., An, P., Tsuji, W., Eneji, E., Kobayashi, S., Kawamura, Y., Tanaka, K. & Inanaga, S. (2010). Effect of silicon application on sorghum root responses to water stress. J. Plant Nutr., 34, 71–82. doi: 10.1080/01904167.2011.531360

83. Sonobe, K., Hattori, T., An, P., Tsuji, W., Eneji, E., Tanaka, K. & Inanaga, S. (2009). Diurnal variations in photosynthesis, stomatal conductance and leaf water relation in sorghum grown with or without silicon under water stress. J. Plant Nutr., 32, 433–442. doi: 10.1080/01904160802660743

84. Akwasi A. Abunyewa, Ferguson, R. B., Wortmann, C. S. & Mason, S. C. (2017). Grain sorghum nitrogen use as affected by planting practice and nitrogen rate J. Soil Sci. Plant Nutr., 17(1). doi: 10.4067/S0718-95162017005000012

85. Amuyojegbe, B. J., Opabode, J. T. & Olayinka, A. (2007). Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Afr. J. Biotechnol., 6, 1869–1873. doi: 10.5897/ajb2007.000-2278

86. Aune, J.B., Doumbia, M. & Berthe, A. (2007). Microfertilizing Sorghum and Pearl Millet in Mali: Agronomic, Economic and Social Feasibility. Outlook on Agriculture., 36(3), 199–203. doi: 10.5367/000000007781891504

87. Barbanti, L., Grigatti, M. & Ciavatta, C. (2011). Nitrogen release from a (15) N-labeled compost in a sorghum growth experiment. J. Plant Nutr. Soil Sci., 174, 240–248. doi: 10.1002/jpln.200900364

88. Barik, S., Roy, P. & Satakshi Basu. (2017). Effect of fertilizer nitrogen & potassium on difference cultivars of sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in North-24-Parganas, West Bengal. International Journal of Applied Agricultural Research., 12(2), 199–210.

89. Samuel Saaka Jeduah Buah, Kombiok, James M. & Luke, N. Abatania (2012). Grain sorghum response to NPK fertilizer in the Guinea Savanna of Ghana, Journal of Crop Improvement, 26(1), 101–115. doi: 10.1080/15427528.2011.616625

90. Addy, S., Niedziela, C. E. Jr & Reddy, M. P. (2010). Effect of nitrogen fertilization on stay-green and senescent sorghum hybrids in sand culture. J. Plant Nutr., 33, 185–199. doi: 10.1080/01904160903434253

91. Borrell, A. K., & Hammer, G. L. (2000). Nitrogen dynamics and physiological basis of stay-green in sorghum. Crop Sci., 40, 1295–1307. doi: 10.2135/cropsci2000.4051295x

92. Cechin, I. (2004). Photosynthesis and chlorophyll fluorescence in two hybrids of sorghum under different nitrogen and water regimes. Photosynthetica, 35, 233–240. doi: 10.1023/a:1006910823378

93. Cosentino, S. L., Mantineo, M. & Testa, G. (2012). Water and nitrogen balance of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* Moench (L) cv. Keller under semi-arid conditions. Industrial Crops and Products, 36, 329–342. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.10.028

94. Gebrelibanos, Gebremariam & Dereje, Assefa (2015). Nitrogen fertilization effect on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield, yield components and witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) infestation in Northern Ethiopia. International Journal of Agricultural Research, 10, 14–23. doi: 10.3923/ijar.2015.14.23

95. Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G. & Reddy, V. R. (2005). Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis and hyperspectral reflectance properties of sorghum. Eur J Agron., 22, 391–403. doi: 10.1016/j.eja.2004.06.005

96. Curtis A., Erickson, J. & Singh, M. (2015). Investigation and synthesis of sweet sorghum crop responses to nitrogen and potassium fertilization. Field Crops Research, 178, 1–7. doi: 10.1016/j.fcr.2015.03.014

97. Abida, A., Mussarrat, F., Safdar, A., Ghulam, J. & Rehana, A. (2007). Growth, yield and nutrients uptake of sorghum in response to integrated phosphorus and potassium management Pak. J. Bot., 39(4), 1083–1087.

98. Khorasgani, M. N., Shariatmadari, H. & Atarodi, B. (2009). Interrelation of inorganic phosphorus fractions and sorghum available phosphorus in calcareous soils of Southern Khora-san. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 40, 2460–2473. doi: 10.1080/00103620903111343

99. Ramadan, B. S. H. (2003). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on growth, yield and quality of sweet sorghum Proc. 10 Conf. Agron. Suez Canal Univ. Fac. Environ. Agric. Sci. EL-Arish, Egypt.

100. Issa, P. (2012). Effect of fertilizer and micronutrient foliar application on sorghum yield. Annals of Biological Research, 3, 3998–4001.

101. Ripley, B. S., Redfern, S. P. & Dames, J. (2004). Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient *Sorghum* by means of chlorophyll-a fluorescence. S. Afr. J. Sci., 100, 615–618.

102. Choudhary, S. K., Mathur, A. K. & Singh, P. (2015). Effect of micronutrient fertilization and methods of application on yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*) in subhumid southern plains zone. Research on Crops., 16(1), 59–63. doi: 10.5958/2348-7542.2015.00008.x

103. Mikami, Y., Saito, A., Miwa, E. & Higuchi, K. (2011). Allocation of Fe and ferric chelate reductase activities in mesophyll cells of barley and sorghum under Fe-deficient conditions. Plant Physiol. Biochem., 49, 513–519. doi: 10.1016/j.plaphy.2011.01.009

104. Dakshinamurthy, K. M. & Rao, U. (2008). Effect of organically bound micronutrients on growth and yield of rice. Journal of Ecofriendly Agriculture, 3, 86–87.

**Zhatova H.O.**, PhD (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kovalenko M.O.**, PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

### **BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SORGHUM CROP**

Nowdays global trends in climate change have drawn attention of the scientific community to crops with wide range of plasticity to abiotic environmental factors. Sorghum crop is a species with properties like these. Moreover it is a crop with great potential of yield and versatility of use. Grain sorghum belongs to the plants with ability to form the high level of productivity under various growing conditions, providing moisture, soil, and temperature regimes. Sorghum is the undisputed leader among field crops in its ability to withstand to prolonged droughts, high air and soil temperatures.

Aridization as the result of climate change causes in expanding the potential region for grain sorghum growing. In recent years, due to global climate change towards warming, there is an increase in the likelihood of droughts not only in the Steppe zone, but in the Forest-Steppe of Ukraine as well. This causes the inclusion of drought- and heat-resistant species in the crop range. The main argument for more intensive involvement of grain sorghum in the region agroecosystems - its high ecological plasticity, which can be a full-fledged alternative to other spring grains (such as barley, corn, sunflower, millet) in unfavorable terms of hydrothermal coefficient of the growing season. The basic technology elements of grain sorghum cultivation for ensuring high and stable yields in the southern regions of Ukraine have been studied in many researchers. However, the technological elements of grain sorghum cultivation in the North-Eastern region of Ukraine require detailed research to guarantee the high level of yields. The breeders established new modern varieties and hybrids of this crop, their reaction to the factors of the yield formation (sowing time and plant density, nutrients, etc.) were studied fragmentarily. The relevance of these problems, the insufficient level of their scientific substantiation, determined the scientific feasibility, practical significance of the study of the peculiarities of growing grain sorghum in the conditions of the North-Eastern region of Ukraine. Prospects for further research are based on the development of scientific principles for ensuring high productivity of grain sorghum with high quality indicators in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine.

**Key words:** sorghum, abiotic factors, stress resistance, domestication, adaptation

*Дата надходження до редакції: 25.10.2019 р.*

## ДЕФІНІЦІЯ ТЕРМІНА «ДЕКОРАТИВНА ДЕНДРОЛОГІЯ»

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

Проаналізовано відомі нині в авторитетних виданнях визначення двослівного терміна «декоративна дендрологія». Встановлено, що істотні ознаки його змісту знаходяться серед декоративних властивостей вегетативних і генеративних органів видових таксонів як природної, так і культивованої дендрофлори. Зосереджена увага на таких структурних складових дефініції проблемного терміна як декоративні форми та топіарії. Запропоновано значно оновлене тлумачення терміна «декоративна дендрологія», яке з позиції сучасності повніше та зрозуміліше відображає його сутність. Отже: «Декоративна дендрологія (лат. *ornamentalis* – декоративний; грец. *dendron* – дерево та *logos* – вчення, наука, знання; лат. трансліт. *dendrologia ornamentalis*) – розділ ботаніки, що вивчає у достатній мірі загальнобіологічні та у необхідній – декоративні властивості деревних рослин: архітектоніку стовбура і крони; розмір і форму крони; текстуру й забарвлення кори; колір, будову та розміри бруньок, хвої і листків, мікро- і макростробілів, квіток і суцвіть, плодів і суплідь, а також 'декоративні форми' й топіарії видових таксонів природної та культивованої дендрофлори, з метою використання антропогенно стійких декоративних деревних рослин в озелененні відкритих територій, об'єктах садово-паркового мистецтва, ландшафтній архітектурі та ландшафтному дизайні.

**Ключові слова:** деревні рослини, декоративні властивості, декоративна дендрологія, видові таксони, садово-паркове мистецтво.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.3>

В короткій назві запропонованої статті використано декілька слів іншомовного походження, а саме: «дефініція», «дендрологія» та «декоративна дендрологія». Навіть не лінгвісту за фахом розібратися в суті чи зрозуміло надати змістовне визначення слову «дефініція» порівняно просто, зате науковому терміну «дендрологія» – дещо складніше, а вже двослівному словосполученню «декоративна дендрологія» – якщо не надто, то досить-таки складно. Їх повне тлумачення подається в авторитетному енциклопедичному виданні.

[Украинская Советская Энциклопедия (17 томов). Том 3. Героизм – Желанное. / Гл. ред. Бажан М. П. – Киев: Главная редакция Украинской Советской Энциклопедии, 1980. – 544 с., ил.]

У названому вище енциклопедичному виданні наводиться наступне:

- на сторінці 330 – «*Дефиниция* (лат. *definitio* – определение) – краткая формулировка содержания какого-либо понятия»;

- на сторінці 304 – «*Дендрология* (грец. *dendron* – дерево и *logos* – учение) – раздел ботаники, изучающий древесные растения: их морфологию, систематику, экологию, фитоценологию, географию и применение в народном хозяйстве»;

- на сторінці 291 – «*Декоративные растения* – деревья, кустарники и травянистые растения, выращиваемые для украшения городов, населенных пунктов, внутреннего озеленения помещений с целью удовлетворения эстетических потребностей человека. Используют для посадок вдоль

дорог и улиц, создания красивых живых стен, куртин, живой изгороди, различных живописных композиций и пр.».

Взята за основу істини Українська Радянська Енциклопедія (УРЕ) надає достатньо повне і чітке визначення лише словам «дефініція» і «дендрологія». Одночасно УРЕ наводить і їх етимологію (грец. *etymon* – правда, істина), без чого розкрити зміст не тільки цих термінів, але й взагалі будь-якого слова іншомовного походження просто неможливо. Окрім цього, у томі 3 УРЕ очікувано відсутній двослівний термін «декоративна дендрологія», зате тут же розміщено поняття «декоративні рослини». Співставивши одержану про них інформацію (Melnychuk, 1974; Sovetskaya entsiklopediya, 1979; Zahnitko & Shchukina, 2008), погоджуємось з наступним тлумаченням слова «дефініція» (Prohorov, 1972; Tkachenko, 2007): *Дефініція* (лат. *definitio* – визначення) – короткий зміст будь-якого поняття, що відображає його найістотніші ознаки.

Науковий термін «дендрологія», який приємно сприймається органами слуху, відомий ботанікам і дендрологам з досить глибокої давнини (Lesnaya entsiklopediya, 1985; Brem Alfred, 2004). Але творче наповнення терміна прискореними темпами відбувається після виходу в світ у Швеції праці К. Ліннея «Види рослин» (1753). Згодом у царській Росії друкують «Краткую российскую дендрологию, или Общие правила российских лесов. В пользу любителей лесоводства изданные» (1798). Згадується цей термін як «...учение о деревьях...» в словнику В. Даля (1863). Дещо пізніше для університетської аудиторії Росії видається «Курс дендрологии» академіка І. Бородіна (1891). З того часу і понині «Дендроло-

гія» вивчається, як навчальна дисципліна, у закладах середньої та вищої освіти Російської федерації та України.

«Дендрологія» протягом минулого століття (Bulygin, 1991; Grozdov, 1952; Piatnitskii, 1960; Lyra, 1997; Shimanyuk, 1974; Shchipotiev, 1990) та на початку поточного (Lytvak & Tkachuk, 2002; Shvydenko & Danylova, 2001; Zaiachuk, 2014; Gromadin & Matyukhin, 2007; Seneta, 2008) настільки закріпила свій статус у середовищі ботанічних знань, що очікувати суттєвих розбіжностей у тлумаченні терміна навіть у майбутньому буде, щонайменше, помилковим. Тому, погоджуємось з гранично лаконічним визначенням терміна, що надається не тільки в УРЕ, але й у відомих словникових виданнях (Gilyarov et al., 1986; Gilyarov, 1999; Reymers, 1988; Reymers, 1990; Dudka, 1984): Дендрологія (грец. dendron – дерево та logos – вчення) – розділ ботаніки, що вивчає деревні рослини: їх морфологію, систематику, екологію, фітоценологію, географію та використання в народному господарстві.

Визначення двослівного терміна «декоративна дендрологія» в УРЕ все-таки відсутнє, однак є значно об'ємніше за змістом поняття «декоративні рослини», яке за своєю назвою і структурними компонентами перекликається з терміном «декоративна дендрологія» і "приховало" у собі як складову сутність останнього. Цілком зрозуміло, що поняття «Дендрологія» і «Декоративна дендрологія» за своїм змістом і суттю несуть подвійне смислове навантаження:

по-перше, вони як розділи ботаніки у фахових установах (академічні і університетські ботсади, інститути і дослідні станції, заказники і гербарії, лабораторії тощо) вивчають загальнобіологічні та декоративні властивості деревних рослин (Cherepanov, 1995; Cherevchenko & Volkov, 2010; Barna & Barna, 2017; Barna et al., 2009; Sudarikova, 2013; Kosenko, 2003; Maurer, 2007);

по-друге, як навчальні дисципліни виступають носіями дендрологічних знань (підручники і навчальні посібники, методичні вказівки і рекомендації, робочі зошити тощо) у закладах середньої та вищої освіти України (Kolesnikov, 2018; Kolesnikov, 1974; Kochanovskiy, 2013; Kochanovskiy & Kovalenko, 2013; Kalinichenko, 2003; Kochanovskiy et al., 2020).

Беззаперечно, що повна дефініція терміна «декоративна дендрологія» має віддзеркалювати, у першу чергу, його етимологію, потім загальнобіологічні та декоративні властивості видових таксонів як природної, так і культивованої дендрофлори, а також привабливість декоративних форм і топіаріїв та багато інших деталей цього вкрай не простого завдання.

Між тим відомо, що новий термін «декоративна дендрологія» "гуляє" без визначення у робочих приміщеннях наукових і проектних установ та закладів освіти на теренах колишнього Радянського Союзу ще з середини минулого століття (Kolesnikov, 2018; Kolesnikov, 1974; Galaktionov et al, 1967). Знаковою подією, що підтверджує "вимогу часу" визначитись з терміном «декоративна дендрологія», стає видання фундаментальної за фахом, змістом та об'ємом праці О. Колесникова «Декоративная дендрология» у 1960 році, яка була без змін перевидана у 2018 році (Kolesnikov, 2018).

[Колесников А. И. Декоративная дендрология. Репр. изд. – Харьков: «Золотые страницы», 2018. – 676 с.; 58 с. цв. вкл.]

Вже у передмові до 1-го видання посібника «Декоративная дендрология» О. Колесникова 1960 року видання на

сторінці 3 зазначено: «Наука, занимающаяся изучением древесных растений, носит название *дендрологии*». А в зносці під ризкою, там же, зазначено: «термин «дендрология» состоит из двух греч. слов: «дендрон» – дерево и «логос» – наука, учение». У подальшому, там же, стверджується: «Автор данной работы задался целью создать пособие по *декоративной дендрологии*, которое давало бы возможность архитекторам, проектирующим садово-парковые объекты, и инженерно-техническим работникам, осуществляющим их строительство, подробно изучить наиболее интересные градостроителя *декоративные* свойства древесных пород и в то же время в достаточной мере ознакомится с *биологическими* свойствами этих пород для наиболее рационального их использования в зеленом строительстве».

[Колесников А. И. Декоративная дендрология. 2-е изд., испр., доп. – Москва: «Лесная промышленность», 1974. – 704 с.]

О. Колесников (Kolesnikov, 2018; Kolesnikov, 1974) розумів, що вивчати архітекторам і фахівцям зеленого будівництва декоративні властивості деревних рослин, попередньо не ознайомившись з їх загальнобіологічними ознаками, передчасно і не логічно, тому важливо відобразити цей момент у змісті терміна «декоративна дендрологія». Пройшов час, а визначити із-за цього хоча б дещо зрозумілу межу між «Дендрологією» та «Декоративною дендрологією», як самостійними дисциплінами, практично неможливо (Kovalevskiy et al., 2009; Kolesnikov, 2018; Kochanovskiy et al., 2020).

Варто зауважити, що 1-е та 2-е видання унікальної праці О. Колесникова відповідно 1960 та 1974 років відомі під двослівною назвою «Декоративная дендрология», але автор наводить етимологію лише для другого слова – «дендрология», а перше – «декоративная» залишилось ніби-то забутим. Отже, повне та закінчене виважене трактування терміна «декоративна дендрологія» було відсутнє і у 2-му виданні книги «Декоративная дендрология» (Kolesnikov, 1974).

Розглянемо у хронологічному порядку трансформацію визначення терміна «декоративна дендрологія» за майже 60-тирічний період у найбільш знаних навчальних посібниках, а також методичних рекомендаціях і вказівках щодо вивчення дисципліни «Декоративна дендрологія», оскільки тільки у них з'являється швидкоплинна необхідність оновлювати її тлумачення.

[Галактионов И. И., Ву А. В., Осик В. А. Декоративная дендрология. Учебное пособие. – Москва: «Высшая школа», 1967. – 317 с.]

У навчальному посібнику І. Галактіонова зі співавторами на сторінці 3 зазначено: «Знание свойств используемых растений – их высоты, формы кроны, окраски листы, цветков и плодов, декоративного эффекта в различные периоды года, отношения деревьев и кустарников к неблагоприятным условиям города и т. п.» (Galaktionov et al., 1967). Наші коментарі щодо дефініції терміна «декоративна дендрологія» в навчальному посібнику наступні:

- зрозуміло, що підготувати змістовно добротний навчальний посібник для студентів на той час надихнула авторів, ймовірно, інформаційно досить повна праця О. Колесникова «Декоративная дендрология» 1960 року видання;

- визначення терміна «декоративна дендрологія» у навчальному посібнику відсутнє, але автори все-таки розу-



міли, що загальнобіологічні та декоративні властивості деревних рослин потрібно студентам вивчати і знати;

- слушно нагадати, що підручника «Декоративна дендрологія» в Україні поки що не підготовлено.

[Скробала В. М., Данилик Р. М., Данилик І. М. Декоративні властивості деревних рослин. Навчально-методичний посібник. – Львів: УкрДЛТУ, 1998. – 40 с.]

В. Скробала з колегами (Skrobala, 1998) через 30 років потому в своєму навчально-методичному посібнику на сторінці 2 повідомляють: «У цьому навчально-методичному посібнику розглядаються основні принципи використання декоративних якостей деревних рослин для створення архітектурних композицій; даються відомості з класифікації деревних рослин за їх біологічними та декоративними ознаками; у додатках у систематичному порядку відзначений перелік основних видів деревних рослин, які широко використовуються в декоративному садівництві» (Skrobala et al., 1998). Недоліки щодо трактування терміна «декоративна дендрологія» беззаперечні:

- не зрозуміло: у межах якої вузівської дисципліни використовується навчально-методичний посібник «Декоративні властивості деревних рослин?»;

- у посібнику відсутнє тлумачення терміна «декоративна дендрологія», про нього у навчально-методичному посібнику навіть не згадується;

- підкреслимо, що навчально-методичний посібник В. Скробали з колегами (Skrobala, 1998) підготовлено на основі фахово майже ідеальної праці «Декоративная дендрологія» О. Колесникова (Kolesnikov, 2018; Kolesnikov, 1974).

[Калініченко О. А. Декоративна дендрологія: Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 2003. – 199 с.: іл.]

Пізніше, вже з початком поточного століття, у навчальному посібнику О. Калініченка (Kalinichenko, 2003) у вступі до нього на сторінці 3 наводиться наступне визначення: «Дендрологія (грец. *dendron* – дерево та *logos* - вчення) – наука про деревні рослини, їхню морфологію, систематику, екологію, фітоценологію, географію та використання у народному господарстві.

Особливістю *декоративної дендрології* є те, що вона вивчає декоративні деревні рослини, тобто ті, які мають оригінальну будову крони, текстуру кори, листя, красиві та різнобарвні квітки, тривале і ясне цвітіння та здатність виживати в умовах інтенсивного антропогенного навантаження» (Kalinichenko, 2003). Рецензування тексту дефініції терміна «декоративна дендрологія» в навчальному посібнику зведено до наступного:

- етимологія терміна «декоративна дендрологія» у навчальному посібнику частково відсутня, тобто не повна: залишилось забути слово «декоративна»;

- визначення навчальної дисципліни також далеко не повне: наприклад, воно не передбачає вивчення мікро- і макростробілів хвойних, декоративних форм і топіаріїв видових таксонів природної та культивованої дендрофлори;

- варто також знати: навчальна дисципліна вивчає "декоративні деревні рослини" чи "декоративні властивості деревних рослин"?

[Ковалевський С. Б., Мельник В. І. Декоративна дендрологія. Методичні вказівки до вивчення дисципліни, виконання лабораторних завдань і контрольної роботи студен-

тами факультету садово-паркового господарства та ландшафтної архітектури заочної форми навчання. Спеціальність 7.130402 – «Садово-паркове господарство». – Київ: Видавничий центр НАУ, 2004. – 36 с.]

В методичному виданні С. Ковалевського зі співавторами на сторінці 4 зазначено наступне: «*Декоративна дендрологія* – розділ ботаніки, що вивчає різноманітність природних декоративних властивостей деревних рослин: їх будову, розмір, форму крони, орнаментику та колір листа, розмір, форму та забарвлення квіток, суцвіть, плодів» (Kovalevskiy & Melnyk, 2004). Аналіз тексту дефініції терміна «декоративна дендрологія» у методичних вказівках до вивчення дисципліни виявив вагомні недоліки:

- етимологія терміна «декоративна дендрологія» у методичних вказівках відсутня, його визначення максимально звужено та узагальнено;

- не зрозуміло: чи можна вивчати декоративні ознаки деревних рослин, попередньо не ознайомившись з їх загальнобіологічними властивостями?;

- важливо зазначити: колір, будову та розміри мікро- і макростробілів хвойних, як і ще не знані топіарії природної та культивованої дендрофлори, також необхідно вивчати, про що в методичних вказівках не сказано.

[Ковалевський С. Б., Демченко О. О., Марчук О. О., Кирилюк В. І., Гусак А. Ю. Декоративна дендрологія. Програма навчальної дисципліни для підготовки фахівців ОКР "бакалавр" напрямку 6.090103 "Лісове і садово-паркове господарство" у вищих навчальних закладах II-IV рівнів акредитації Міністерства аграрної політики України. – Київ: "Аграрна освіта", 2009. – 19 с.]

У наступному виданні С. Ковалевського з колегами (Kovalevskiy et al., 2009) на сторінці 4 наведено інше: «Декоративна дендрологія» – розділ ботаніки, що вивчає різноманітність декоративних властивостей деревних рослин: будову, розмір, форму крони, орнаментику та колір листа; розмір, форму та забарвлення квіток, суцвіть, плодів. Навчальна дисципліна "Декоративна дендрологія" ... складається з двох розділів: першого, власне "Дендрологія", де розглядають питання екології деревних рослин, систематики, деякі загальні питання ... і другого розділу – "Декоративна дендрологія", яка дає поняття природних декоративних властивостей та штучної зміни форми деревних рослин, формове різноманіття, використання їх у садово-парковому господарстві» (Kovalevskiy et al., 2009). Осмислення об'ємнішої, ніж попередня, дефініції терміна «декоративна дендрологія» навчальної дисципліни показало, що:

- етимологія терміна «декоративна дендрологія» у типовій програмі для підготовки "бакалаврів" садово-паркового та лісового господарства відсутня;

- очевидно: дефініція навчальної дисципліни «Декоративна дендрологія», порівняно з першим виданням 5-тирічної давності, значно оновлено, вона стала повнішою і у деякій мірі зрозумілішою;

- не зовсім коректно, все-таки, на національному рівні пропонувати для використання досконало не опрацьоване визначення навчальної дисципліни.

[Барна М. М. Ботаніка. Терміни. Поняття. Персоналії. 2-е вид., допов. і змін. – Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2013. – 360 с.: іл.]

Сучасними виданнями, зокрема, як це в М. Барни, на

сторінці 79 наводиться таке тлумачення: «Декоративна дендрологія (грец. *dendron* – дерево, *logos* – вчення, наука, знання і лат. *ornamentalis* – декоративний; лат. трансліт. – *dendrologia ornamentalis*) – розділ загальної дендрології, що вивчає морфологію, систематику, екологію, поширення та використання видів деревних рослин і чагарників та їх декоративних різновидностей, форм і сортів в озелененні, садово-парковому господарстві та ландшафтній архітектурі» (Вапа, 2013). Коментар щодо дефініції терміна «декоративна дендрологія» в навчальному посібнику сформульовано нами відповідально:

- автор навчального посібника, як і значна більшість ботаніків, знаходився, ймовірно, під "впливом" загальнобіологічних ознак, не згадуючи (або забуваючи!) у своєму тлумаченні терміна «декоративна дендрологія» про декоративні властивості деревних рослин;

- доцільно дефініцію терміна «декоративна дендрологія» у розумінні її М. Барною (Вапа, 2013) виважено об'єднати з тлумаченням цього ж поняття В. Кохановським (Kochanovskiy, 2013), вони, за нашою думкою, доповнюють один одного.

[Кохановський В. М. Декоративна дендрологія. Навчальний посібник. Частина I. – Суми: «Сумський національний аграрний університет», 2013. – 267 с., іл.]

Отож, у навчальному посібнику В. Кохановського (2013) на сторінці 12 зазначено: «Декоративна дендрологія» (грец. *dendron* – дерево та *logos* – вчення) – розділ ботаніки (грец. *botane* – трава, рослина), що вивчає різноманітність декоративних властивостей деревних рослин: їх зовнішню будову, розмір і форму крони, структуру та колір кори, орнаменту та колір листків, розмір, форму та забарвлення квіток, суцвіть і плодів, а також декоративні 'форми'» (Kochanovskiy, 2013). Міркування щодо дефініції терміна «декоративна дендрологія» у посібнику несподівано підказали деякі поради:

- автор навчального посібника, як і більшість дендрологів, знаходився, ймовірно, також під "впливом" декоративних ознак, опустивши при визначенні двослівного терміна загальнобіологічні особливості деревних рослин, що безумовно необхідно, як недолік, виправити;

- доцільно дефініцію терміна «декоративна дендрологія» В. Кохановського (2013) кваліфіковано об'єднати з тлумаченням цього ж поняття в М. Барни (2013), оскільки вони не просто доповнюють один одного, а виводять дефініцію проблемного терміна на зрозуміло необхідний рівень.

[Миколайчук В. Г., Чернова А. В. Декоративна дендрологія та квітникарство. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з визначення декоративності трав'янистих та деревних рослин для здобувачів вищої освіти ступеня «магістр» спеціальності 201 «Агрономія» денної форми навчання. – Миколаїв: «Миколаївський національний аграрний університет», 2019. – 56 с.]

У найсучасніших працях, зокрема у методичних рекомендаціях В. Миколайчук та А. Чернової, знаходимо на сторінці 4 наступне: «Декоративна дендрологія та квітникарство – розділ дендрології та квітникарства, науки про деревні та трав'янисті рослини, їхню морфологію, систематику, екологію, фітоценологію та використання в народному господарстві. Особливістю декоративної дендрології та квітникарства є вивчення декоративних деревних і трав'янистих рослин, які

мають оригінальну будову крони, текстуру кори, листків, красиві та різноманітні квітки, тривале і ясне квіткування та здатність виживання в умовах інтенсивного антропогенного навантаження» (Mykolaichuk & Chernova, 2019). Коментарі щодо дефініції терміна «декоративна дендрологія» у методичних рекомендаціях є такими:

- історично «Декоративна дендрологія» прагне до самовизначення, як, і «Квітникарство», а не до об'єднання;

- етимологія назв навчальних дисциплін «Декоративна дендрологія» і «Квітникарство», як і їх повне та зрозуміле визначення, відсутні;

- вважаємо, що не варто об'єднувати в один курс навчальні дисципліни «Декоративна дендрологія» та «Квітникарство», оскільки такий напрям їхнього розвитку, як нам вбачається, в майбутньому безперспективний.

[Кохановський В. М., Мельник Т. І., Коваленко І. М., Мельник А. В. Декоративна дендрологія. Навчальний посібник. Частина I. – Суми: «Коллаж - Принт», 2020. – 263 с., іл.]

Завершуємо огляд цього проблемного питання визначенням, наведеним В. Кохановським з колегами (2020) в їх навчальному посібнику на сторінці 13: «Декоративна дендрологія (фр. *decorative* від лат. *decoro* – прикрашаю і грец. *dendron* – дерево й *logos* – наука) – вивчає різноманітність декоративних властивостей деревних рослин: архітектоніку (природну композицію) стовбура і крони; розмір і форму крони; текстуру й забарвлення кори; колір, будову та розміри бруньок, хвої і листків; колір, будову та розміри мікро-і макростробілів; колір, будову та розміри квіток, суцвіть і плодів, а також декоративні «форми» видових таксонів з розрахунком використання декоративних деревних рослин в озелененні, на об'єктах садово-паркового мистецтва, ландшафтної архітектури та ландшафтного дизайну» (Kochanovskiy et al., 2020). Коректно звертаємо увагу і в цьому випадку на наступні недоліки дефініції терміна «декоративна дендрологія»:

- етимологія терміна «декоративна дендрологія» у навчальному посібнику не повна, оскільки у ній відсутня латинська транслітерація;

- В. Кохановський зі співавторами (2020) також знаходились, ймовірно, також під "впливом" декоративних, а не біологічних властивостей, що заважало їм включити в дефініцію навчальної дисципліни «Декоративна дендрологія» необхідну доцільність вивчати загальнобіологічні якості деревних рослин;

- визначення терміна «декоративна дендрологія» навчального посібника не регламентує необхідність вивчати, наприклад, формовані підтаксони природної та культивованої дендрофлори (топіарії);

- об'єктивно зрозумілішу дефініцію терміна «декоративна дендрологія», порівняно з попереднім виданням (Kochanovskiy, 2013), необхідно було б використати на завершальному етапі опрацювання його тлумачення.

Зазначимо, що «Декоративна дендрологія» на сучасному етапі розвитку ботанічних знань вивчає досить складні процеси формування біологічних та декоративних властивостей деревних рослин, з метою їх використання в озелененні, садово-парковому мистецтві, лісовому господарстві, ландшафтній архітектурі та дизайні. Важливими стають перспективні напрямки розвитку прикладної Декоративної дендрології, серед яких спершу необхідно назвати екологічні та біотехноло-

гічні, а потім сільськогосподарські та лісогосподарські проблеми. Щодо екологічних проблем (Kovalenko, 2018), то вони, передусім, пов'язані зі збереженням біологічного різноманіття рослин шляхом створення банків генетичного та екологічно перспективного матеріалу (статевих клітин, зародків, насіння, спеціалізованих органів – бульб, цибулин), пошуком нових способів розмноження залежно від екологічних факторів, виявлення рівня пластичності генеративних систем залежно від екстремальних чинників (магнітного поля, іонізуючої радіації, підвищених чи понижених температур).

Особливої уваги заслуговують також проблеми сільськогосподарського та лісогосподарського виробництва. Останні включають: створення нових гібридів і сортів із застосуванням методів віддаленої гібридизації для їх впровадження в практику садово-паркового та лісового господарства, розробку сучасних методів підбору батьківських форм для одержання гетерозисних гібридів і раннього прогнозування гетерозису гібридів на основі цитологічних та ембріологічних ознак, встановлення бар'єрів несумісності та пошук можливих шляхів подолання несхрещуваності за віддаленої гібридизації, створення елітної насінневої бази головних лісо- та паркоутворюючих порід.

Окрім цього, на сьогоднішній день відчувається гостра потреба у типизації цілого ряду положень і понять як і подальшої розробки термінологічних структур (Kirpichnikov & Zabinkova, 1977; Lis. Entsiklopedychny putivnyk, 2008; Afanasiev et al., 1962), виходячи із накопиченого у дендрологічній літературі фактичного матеріалу та з урахуванням вже досягнутих результатів у надрах декоративної дендрології (Horb, 2012; Chopuk & Fedorchuk, 2015; Sudarikova, 2013).

Отже, двослівний термін «декоративна дендрологія» за 60-тирічний період свого визнання зазнав ряд далеко не однозначних тверджень, на шляху прогресивної трансформації удосконалювався, став зрозумілішим, на основі чого авторами статті запропоновано більш-менш зважену його дефініцію.

**Висновки.** На нашу думку: – Декоративна дендрологія (лат. *ornamentális* – декоративний; грец. *déndron* – дерево та *lógos* – вчення, наука, знання; лат. трансліт. *dendrologia ornamentalis*) – розділ ботаніки, що вивчає у достатній мірі загальнобіологічні та у необхідній – декоративні властивості деревних рослин: архітектоніку стовбура і крони; розмір і форму крони; текстуру й забарвлення кори; колір, будову та розміри бруньок, хвої і листків, мікро- і макростробілів, квіток і суцвіть, плодів і суплідь, а також 'декоративні форми' й топіарії видових таксонів природної та культивованої дендрофлори з метою використання антропогенно стійких декоративних деревних рослин в озелененні відкритих територій, об'єктах садово-паркового мистецтва, ландшафтній архітектурі та ландшафтному дизайні.

Сподіваємось, що науковці у майбутньому використовуватимуть запропоновану дефініцію терміна «декоративна дендрологія» у своїх працях ботанічного та дендрологічного спрямування, як то: монографіях, підручниках і навчальних посібниках, методичних вказівках і рекомендаціях тощо.

Позиція авторів статті, щодо дефініції терміна «декоративна дендрологія» може бути приводом для дискусій, а також уточнення окремих структурних складових проблемного питання.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Redaktsiya «Ukrainskoy sovetskoy entsiklopedii» (1980). *Ukrainskaya sovetskaya entsiklopediya*. Tom 3 [Ukrainian Soviet Encyclopedia. Volume 3]. Redaktsiya «Ukrainskoy sovetskoy entsiklopedii», Kyiv (in Russian).
2. Melnychuk, O. S. (ed.) (1974). *Slovnuk inshomovnykh sliv* [Dictionary of foreign words]. Holovna redaktsiia URE, Kyiv (in Ukrainian).
3. *Sovetskaya entsiklopediya* (1979). *Sovetsky entsiklopedichesky slovar* [Soviet encyclopedic dictionary]. *Sovetskaya entsiklopediya*, Moscow (in Russian).
4. Zahnitko, A. P., & Shchukina, I. A. (2008). *Velykyi tлумachnyi slovnuk*. *Suchasna ukrainska mova*. [Big explanatory dictionary. Modern Ukrainian language]. TOV VKF "BAO", Donetsk (in Ukrainian).
5. Prohorov, A. M. (ed.). (1972). *Bolshaya Sovetskaya Ehnciklopediya*. Izd. 3-e. Tom 8. *Debitor-Ehvkalipt*. [Big Soviet Encyclopedia. Izd. 3<sup>rd</sup>. Volume 8. *Debitor-Eucalyptus*]. Moscow: "Sovetskaya Ehnciklopediya" (in Russian).
6. Tkachenko, V. G. (ed.). (2007). *Latinskij yazyk dlya agrariyev* [Latin language for agrarians]. Lugansk: "Ehltón" (in Russian).
7. *Sovetskaya entsiklopediya* (1985). *Lesnaya entsiklopediya*. Tom pervy. *Abeliya–Limon* [Forest encyclopedia. Vol. one. *Abelia – Lemon*]. *Sovetskaya entsiklopediya*, Moskva (in Russian).
8. Brem, A. (2004). *Zhizn rastenij*. *Novejshaya botanicheskaya ehnciklopediya* [Plant Life. The Newest Botanical Encyclopedia]. *Ehksmo*, Moskva (in Russian).
9. Bulygin, N. Ye. (1991). *Dendrologiya*. [Dendrology]. *Agropromizdat*, Leningrad (in Russian).
10. Grozdov, B. V. (1952). *Dendrologiya*. *Uchebnik* [Dendrology. Tutorial]. *Goslesbumizdat*, Moskva-Leningrad (in Russian).
11. Piatnitskii, S. S. (1960). *Kurs dendrologii* [Dendrology course]. Izd-vo Kharkov University, Kharkov (in Russian).
12. Lypa, O. A. (1997). *Dendrolohiiia z osnovamy aklimatyzatsii* [Dendrology with the basics of acclimatization]. *Vyshcha shkola*, Kyiv (in Ukrainian).
13. Shimanyuk, A. P. (1974). *Dendrologiya* [Dendrology]. *Lesnaya promyshlennost*, Moskva, 334 (in Russian).
14. Shchipotiev, F. L. (1990). *Dendrologiya*. *Uchebnoe posobie* [Dendrology. Tutorial]. *Vyshcha shkola*, Kyiv (in Russian).
15. Lytvak, P. V., & Tkachuk, V. I. (2002). *Dendrolohiiia*. *Navchalnyi Posibnyk* [Dendrology. Tutorial]. Zhytomyr, Polissia (in Ukrainian).
16. Shvydenko, A. Y., & Danylova O. M. (2001). *Lysova dendrologiiia*. *Navchalnyi Posibnyk* [Forest dendrology. Tutorial]. *Chernivtsi: Zelena Bukovyna* (in Ukrainian).
17. Zaiachuk, V. YA. (2014). *Dendrolohiiia* [Dendrology]. *Apriori*, Lviv (in Ukrainian).
18. Gromadin, A. V., & Matyukhin, D. L. (2007). *Dendrologiya*. *Uchebnik* [Dendrology. Tutorial]. Publishing Center "Akademiya", Moskva (in Russian).

19. Seneta, W. & Dolatowski, J. (2008). *Dendrologia*. Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN.
20. Gilyarov, M. S. (ed.), Baev, A. A., Vinberg, G. G., & Zavarzin, G. A. (eds.). (1986). *Biologicheskii entsiklopedicheskiy slovar [Biological encyclopedic dictionary]*. Sovetskaya entsiklopediya, Moscow (in Russian).
21. Gilyarov, M. S. (ed.) (1999). *Biologiya. Bolshoy entsiklopedicheskiy slovar [Biology. Big encyclopedic dictionary]*. Bolshaya Rossiyskaya entsiklopediya, Moskva (in Russian).
22. Reymers, N. F. (1988). *Osnovnye biologicheskiye ponyatiya i terminy: Kniga dlya uchitelya [Basic biological concepts and terms: A book for a teacher]*. Prosveshcheniye, Moskva (in Russian).
23. Reymers, N. F. (1990). *Populyarny biologicheskiy slovar [Popular biological dictionary]*. Nauka, Moscow (in Russian).
24. Dudka, I. A. (ed.) (1984). *Slovar botanicheskikh terminov [Dictionary of botanical terms]*. Naukova dumka, Kyiv (in Russian).
25. Cherepanov, S. K. (1995). *Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR. – Cambridge: Univ. Press.*
26. Cherevchenko, M., & Volkov, S.S. (2010). *Zapovidni terytorii Ukrainy. Botanichni sady ta dendroparky [Reserved territories of Ukraine. Botanical gardens and arboretums]*. TOV RSK "Maksymus", Kyiv (in Ukrainian).
27. Barna, M. M., & Barna L. S. (2017). *Dendrarii Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka ta perpsektyvy 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).
28. Barna, M., Barna, L., & Yatsuk, H. (2009). *Dekoratyvni likarski roslyny [Ornamental medicinal plants]*. Pidruchnyky i posibnyky, Ternopil (in Ukrainian).
29. Sudarikova, Yu. (compl.) (2013). *Ekzotichni dereva, kushchi ta liany v landshaftakh Ukrainy [Exotic trees, shrubs and lianas in the landscapes of Ukraine]*. Nash format, Kyiv (in Ukrainian).
30. Kosenko, I. S. (2003). *Dendrolohichni park "Sofiivka". [Dendrological park "Sofiivka"]*. Uman (in Ukrainian).
31. Maurer, V. M. (2007). *Dekoratyvne rozsadnytstvo. Navchalnyi posibnyk. [Ornamental nurseries. Tutorial]*. Vinnytsia, Nova Knyha (in Ukrainian).
32. Kolesnikov, A. I. (2018). *Dekoratyvna dendrologiya. Repr. izd. [Decorative dendrology. Repr. ed.]*. Zoloty strany, Kharkov (in Russian).
33. Kolesnikov, A. I. (1974). *Dekoratyvna dendrologiya [Decorative dendrology]*. Lesnaya promyshlennost, Moscow (in Russian).
34. Kochanovskyi, V. M. (2013). *Dekoratyvna dendrologiia. Navchalnyi posibnyk. Chastyna I. [Decorative dendrology. Tutorial. Part I]*. Sumy National Agrarian University, Sumy (in Ukrainian).
35. Kochanovskyi, V. M., & Kovalenko, I. M. (2013). *Dekoratyvna dendrologiia. Navchalnyi posibnyk. Chastyna II. [Decorative dendrology. Tutorial. Part II]*. Sumy National Agrarian University, Sumy (in Ukrainian).
36. Kochanovskyi, V. M., Melnyk T. I., Kovalenko, I. M., & Melnyk, A. V. (2020). *Dekoratyvna dendrologiia. Navchalnyi posibnyk. Chastyna I. [Decorative dendrology. Tutorial. Part I]*. Kollash-Prynt, Sumy (in Ukrainian).
37. Galaktionov, I. I., Vu, A. V., & Osik, V. A (1967). *Dekoratyvna dendrologiya. Uchebnoe posobie. [Decorative dendrology. Tutorial]*. Vysshaya shkola, Moscow (in Russian).
38. Kovalevskyi, S. B., Demchenko, O. O., Marchuk, O. O., Kyrlyuk, V. I., & Husak, A. Yu. (2009). *Dekoratyvna dendrologiia. Prohrama navchalnoi dystsypliny dlia pidhotovky fakhivtsiv OKR "Bakalavr" napriamku 6.090103 "Lisove i sadovo-parkove hospodarstvo" u vyshchyykh navchalnykh zakladakh II-IV rivniv akredytatsii Ministerstva ahronoi polityky Ukrainy. [Decorative dendrology. The program of the discipline for the training of EQL specialists "Bachelor" in the direction of 6.090103 "Forestry and horticulture" in higher educational institutions of II-IV levels of accreditation of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine]*, Ahrona Osvita, Kyiv: (in Ukrainian).
39. Skrobala, V. M., Danylyk, R. M., & Danylyk, I. M. (1998). *Dekoratyvni vlastyvoli derevnykh roslyn. Navchalno-metodychnyi posibnyk. [Decorative properties of woody plants. Training manual]*. UkrDLTU, Lviv (in Ukrainian).
40. Kalinichenko, O. A. (2003). *Dekoratyvna dendrologiia. [Decorative dendrology]*. Vyshcha shkola, Kyiv (in Ukrainian).
41. Kovalevskyi, S. B., & Melnyk V. I. (2004). *Dekoratyvna dendrologiia. Metodychni vkazivky do vyvchennia dystsypliny, vykonannia laboratornykh zavdan i kontrolnoi roboty studentamy fakultetu sadovo-parkovoho hospodarstva ta landsaftnoi arkhitektury zaochnoi formy navchannia. Spetsialnist 7.130402 – "Sadovo-parkove hospodarstvo". [Decorative dendrology. Methodical instructions for studying the discipline, performing laboratory tasks and control work by students of the Faculty of Horticulture and Landscape Architecture by correspondence. Specialty 7.130402 – "Horticulture"]*. Publishing Center of NAY, Kyiv (in Ukrainian).
42. Barna, M. M. (2013). *Botanika. Terminy. Poniattia. Personalii [Botany. Terms. Concepts. Personalities]*. TzOV "Terno-hraf", Ternopil (in Ukrainian).
43. Mykolaichuk, V. H. & Chernova A. V. (2019). *Dekoratyvna dendrologiia ta kvitnykarstvo. Metodychni rekomendatsii do vykonannia praktychnykh robot z vyznachennia dekoratyvnosti travianystrykh ta derevnykh roslyn dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity stupenia «Mahistr» spetsialnosti 201 «Ahronomiia» dennoi formy navchannia. [Decorative dendrology and floriculture. Methodical recommendations for the implementation of practical work to determine the decorative grassy and woody plants for applicants for higher education degree "Master" specialty 201 "Agronomy" full-time education]*. Mykolaiv: "Mykolayiv National Agrarian University" (in Ukrainian).
44. 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).
45. Kirpichnikov, M. E., & Zabinkova, N. N. (1977). *Rusko-latynskiy slovar dlya botanikov [Russian-Latin Dictionary for Botanists]*. Nauka, Leningrad (in Russian).
46. Lis. *Entsyklopedychnyi putivnyk (2008). [Forest. Encyclopedic guide]*. Makhaon-Ukraina, Kyiv (in Ukrainian).

47. Afanasiev, D. Ya, Barbarych, A. I., Zerov, D. K. and others (compl.) (1962). Rosiisko-ukrainskyi slovnyk botanichnoi terminologii i nomenklatury [Russian-Ukrainian dictionary of botanical terminology and nomenclature]. Vyd-vo AN URSS, Kyiv (in Ukrainian).
48. Horb, V. K. (2012). Pro zmist terminiv "introduktsiia" ta "aklimatyzatsiia" derevnykh roslyn. [About the content of the terms "introduction" and "acclimatization" of woody plants]. ISSN 1605-6574. Introduktsiia roslyn, №3 (In Ukrainian).
49. Chopyk V. I., & Fedorchuk, M. L. (2015). Flora Ukrainskykh Karpat [Flora of the Ukrainian Carpathians]. TzOV «Ternohraf», Ternopil (in Ukrainian).

**Kochanovskiy 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

#### **DEFINITION OF "DECORATIVE DENDROLOGY" TERM**

The definitions of the two-word term "decorative dendrology" known today in authoritative publications are analyzed. It is established that the essential features of its content are among the decorative properties of vegetative and generative organs of species taxa of both natural and cultivated dendroflora. The focus is placed on such structural components of the problem term definition as decorative forms and topiaries. A significantly updated interpretation of the term "decorative dendrology" is suggested, which from the standpoint of modernity more fully and clearly reflects its essence. Thus, remember: – Decorative dendrology (Latin: ornamentális – decorative; Greek: déndron – tree and lógos – doctrine, science, knowledge; Latin translit: dendrologia ornamentalis) – a branch of botany that sufficiently studies the general biological and necessary – decorative properties of woody plants: trunk and crown architectonics; size and color of the crown; texture and color of the bark; color, structure and size of buds, needles and leaves, micro- and macrostrobiles, flowers and inflorescences, fruits and compound fruit, as well as 'decorative forms' and topiaries of species taxa of natural and cultivated dendroflora in order to use anthropogenically resistant ornamental woody plants in landscaping open areas, objects of garden design, landscape architecture and landscape design.

**Key words:** woody plants, decorative properties, decorative dendrology, species taxa, garden design.

Дата надходження до редакції: 29.10.2019 р.

## ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ УГРУПОВАНЬ ҐРУНТОВИХ НЕМАТОД ЯЛИНИ У ПЕРВИННИХ ЕКОСИСТЕМАХ

**Медведєва Ірина Володимирівна**

провідний інженер відділу охорони природних екосистем  
Інститут екології Карпат НАН України, м. Львів, Україна  
ORCID: 0000-0002-5893-0708  
medvedeva.iruna@gmail.com

**Козловський Микола Павлович**

доктор біологічних наук  
Інститут екології Карпат НАН України, м. Львів, Україна

На основі вивчення структурно-функціональної організації нематодних угруповань первинних екосистем можна визначити ступінь трансформованості вторинних екосистем, адже антропогенна діяльність призводить до змін у їх формуванні. Нематодні угруповання корінних екосистем мають збережену еволюційно-сформовану структурну та функціональну організацію, а також співвідношення трофічних груп. Це забезпечує цілісність і стійкість біогеоценозів. Тому такі угруповання мають значну біоіндикаційну роль. Дослідження проводили в межах Національного природного парку «Сколівські Бескиди». Еталонною ділянкою був обраний мішаний буковий ліс. Протягом двох років відбирали зразки підстилки та ґрунту під кронами ялини. Виділяли нематод з ґрунту за допомогою методу Бермана на приладі Кемпсона. Для визначення видової приналежності користувалися індексами Де Мана. Користуючись поділом нематод на трофічні групи за Г. Йтсом, враховували частку кожної з них у підстилці та ґрунті.

Чисельність нематод у підстилці збільшується від верхнього горизонту до гумусового. У свіжоопалому листі найменше різноманіття нематод (горизонт L). У 2014 і 2015 роках у верхньому горизонті підстилки у різні пори року зосереджено від 22 до 28 %, ферментативному від 30 до 35 %, а гумусовому від 38 до 47 % загальної чисельності фітонематод. В трьох горизонтах підстилки найбільша чисельність всеїдних нематод, частка яких становить приблизно дві третини всього угруповання з найбільшою кількістю влітку. Частка хижих нематод навесні і восени становить приблизно 10 %, а влітку збільшується до 15 %. Бактеріофаги навесні становлять близько 18 %, влітку – 25 %, а восени – 22 %, з переважанням їх у F-горизонті підстилки. Частка грибоїдних у всіх горизонтах підстилки становить приблизно 5 %, з переважанням загальної чисельності цієї трофічної групи у ферментному горизонті.

Всеїдні нематоди представлені в основному видами роду *Eudorylaimus*, та *Aporcelaimellus*, хижі нематоди родами *Prionchulus*, *Iotonchus*, *Tripyla*, серед бактеріофагів домінують нематоди родів *Plectus* і *Acrobeloides*, а групу мікофагів, в основному, представляють види роду *Arhelenchoides*. Отримані нами результати пізніше були використані для порівняння змін у нематодних угрупованнях у похідних екосистемах.

**Ключові слова:** структурно-функціональна організація, корінна екосистема, нематодний комплекс, трофічна група.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.4>

**Вступ.** Нематодні угруповання можуть служити індикатором трансформацій екосистем (Bongers, 1999). Французькі дослідники використали індекс структур нематодних угруповань для оцінки трансформованості орних полів, беручи за еталон природні екосистеми (дубовий ліс та маквісові чагарники) на південному заході Франції (Jackson, et al., 2019). Нематоди є численною групою організмів. Вони заселяють усі горизонти підстилки та ґрунт по всій глибині вкорінення дерев. Відомо, що нематоди заселяють ґрунтові пори, заповнені водою, водяні плівки та усю товщу підстилки (Busse et al., 2019). Проте вони є малодослідженою групою організмів, про що свідчать результати дослідження нематодних угруповань в Атлантичному лісі на півдні Бразилії, де було виявлено значну кількість нових, все ще неохарактеризованих нематод ґрунтової біоти (Müller et al., 2019).

Зазвичай, при дослідженні впливу наслідків буревіїв на екосистеми, більше уваги приділяли вивченню представників флори, а не ґрунтової біоти. Проте, її реакція на зміни, спровоковані зовнішніми збурювальними чинниками, не менш важлива. Результати досліджень показують, що метаболічна активність функціональних груп нематод реагувала на порушення екосистем. Особливо чутливими до змін є нематоди

лісових екосистем з добре розвинутою підстилкою та гумусом. (Renc et al., 2019). Отже, вплив середовища та зовнішніх чинників також має вагомий вплив на активність нематод (Ruehle, 1965).

Японськими вченими підтверджено вплив температури на розвиток *Bursaphelenchus xylophilus* при дослідженні на стійких та нестійких до захворювання породах сосни. Встановлено, що для розвитку захворювання стійких порід необхідні були вищі температури (Iki et al., 2020). Зараження нематодами внаслідок експорту деревини турбувало і американських дослідників. Описано первинну та вторинну передачу *B. xylophilus*. Проведено огляд останніх досліджень щодо захворюваності, контролю та ризиків нематоди соснової деревини та її переносників в експортованій продукції хвойних порід (Dwinell & Nickle, 2009).

Просторовий розподіл та чисельність видів нематод у лісах відображає тип та родючість ґрунту, потужність підстилки, що свідчить про їх високу біоіндикаційну роль (Yeates, 2007). Раніше подібні дослідження проводились у Пернамбуко (Бразилія) на території Бразильського атлантичного лісу. Також було проведено аналіз сезонної динаміки

нематод ґрунту (Cardoso et al., 2016). Детальне вивчення просторового розподілу, формування фітонематодних угруповань та їх взаємодії з іншими організмами може бути фундаментальним для розробки біологічних методів боротьби з рослиноїдними формами. Використання грибів, які мають пристосування до відловлювання нематод і мають здатність до захоплення, описані у працях С. Ронга разом із співавторами (Rong, et al., 2020). Доцільним також є вивчення взаємодії нематод з іншими ґрунтовими організмами, порівняння їх у порушених та у природних екосистемах (Kavitha, et al., 2020).

Важливим напрямом наукової роботи є дослідження структури нематодних угруповань лісових екосистем для боротьби із шкідниками у лісових розсадниках, шляхом застосування ентомопатогенних нематод (Zapałowska & Skwiercz, 2018). Бразильські вчені досліджували взаємозв'язок дощових черв'яків з нематодами, які вважають доцільним використання цих зв'язків у біотичних методах боротьби із фітопаразитичними видами нематод (Dionisio et al., 2018). Індійські дослідники акцентували увагу на проблемі експорту зараженої деревини в Азію, наголошуючи на тому, що це може створити серйозний карантинний ризик поширення рослиноїдних видів. Види роду *Pratylenchus*, *Xiphinema* та деякі інші спричиняють всихання дерев протягом п'яти років, а такий вид, як *B. xylophilus* знищує дерево протягом року. Високий вміст органіки, достатня вологість та помірні температури лісових ґрунтів з різноманітною флорою створюють сприятливі умови для виживання нематод у лісових екосистемах (Khan, 2012). Для Китайських дослідників виявлення видів роду *Aphelenchoides* та *Acroboloides* стали індикаційною ознакою поступового відновлення лісів на деградованих карстових ґрунтах. Оскільки нематоди заселяють усі типи ґрунтів і утворюють в них домінуючу групу організмів, їх угруповання є біологічними показниками здоров'я ґрунту (Hu et al., 2016).

Раніше у Сколівських Бескидах переважали мішані букові ліси. Зараз значну частину територій цих лісів займають штучно створені монодомінантні ялинники, які є не стійкими до нових умов зростання, у зв'язку з чим вони почали масово всихати. Подібна ситуація у результаті антропогенного навантаження у бескидському регіоні склалася у Моравії (Чехія), де мішані ліси з переважанням субформацій бука лісового (*Fagus sylvatica* L.) та ялиці (*Abies alba* Mill.) були замінені на мононасадження ялини європейської (*Picea abies* (L.) H. Karst.). Дослідження проводили у різновікових лісах для встановлення ступеня деградованості похідних екосистем. Результати підтвердили, що у молодих ялинових насадженнях віком 5–9 років була найбільша біомаса нематод, яка зменшувалась із збільшенням віку ялини (Hanel, 1994). Отже, детальне вивчення структури та функціонування фітонематодного комплексу корінних екосистем є актуальним і у подальшому дасть змогу оцінити їх зміни під впливом антропогенної діяльності, що може стати базою для з'ясування проблем боротьби зі шкідниками за участі нематод.

**Матеріали і методи досліджень.** Для з'ясування причин в'янення ялини проведено дослідження співвідношення трофічних груп у нематодних комплексах ґрунту і

підстилки та відстежено їх сезонну динаміку в умовно первинній (ялиново-ялицева бучина) та в антропогенно трансформованих (монодомінантні ялинники) екосистемах, прийнявши мішаний буковий ліс за еталонну дослідну ділянку. Отже, для дослідження було обрано три ділянки (одну контрольну і дві дослідні) у межах НПП Сколівські Бескиди, який розташований у північно-східній частині Українських Карпат.

Ділянка Гл 1 – ДП Головецьке ЛГ Славського ДЛГ, вологий мезотрофний ялинник віком 70–80 років (*Piceetea*) (похідна екосистема).

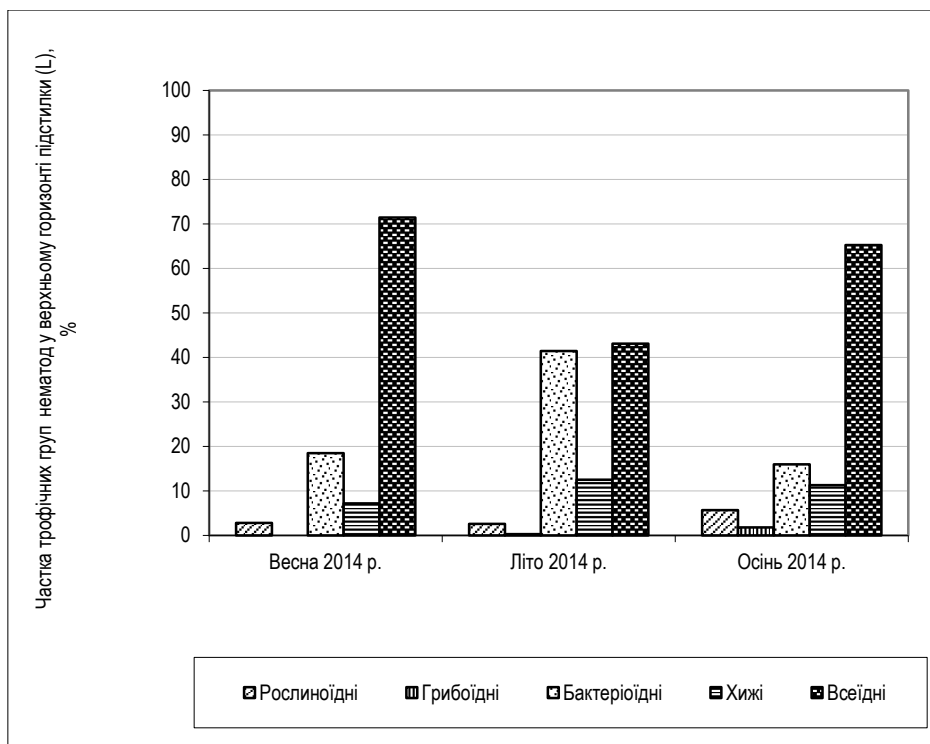
Ділянка Гл 4 – ДП Головецьке ЛГ Славського ДЛГ, вологий мезотрофний ялинник віком 60–70 років (*Piceetea*) (похідна екосистема).

І контрольна ділянка Бт 1 – ДП Бутивлянське ЛГ НПП «Сколівські Бескиди», волога мезотрофна ялиново-ялицева бучина (*Piceeto-(Abieto)-Fageta*) віком 90–100 років.

В даній роботі представлено результати досліджень фітонематодних угруповань підстилки цих екосистем. Розкладання підстилки є основною складовою кругообігу поживних речовин у лісових екосистемах. Чисельність нематод та їх видова різноманітність залежить від типу підстилки. Зазначено, що субстрат з опадів хвойних порід був більш заселений рослиноїдними видами, ніж мішаний листяний (Huang et al., 2020). Впродовж двох вегетаційних періодів відбирались зразки ґрунту на трьох дослідних ділянках з шарів глибиною 0–5 см, 10–15 см, 20–25 см та підстилки горизонтів L, F та H під кронами ялини у п'ятикратній повторюваності. Дослідження проводили за методиками А. Парамонова та Н. Суменкової (Paramonov, 1952; Sumenkova, 1978). Нематод з ґрунту та підстилки виділяли за методом Бермана на приладі Кемпсона. Німецькі дослідники також віддають перевагу використанню методу Бермана, який дає більше ніж на 90 % ефективності вилучення нематод, на відміну від методу Кобба (Moser & Frankenbach, 2009). Видову приналежність визначали, користуючись систематичними довідниками за П. І. Нестеровим (Nesterov, 1988), а також користуючись працями В. Г. Губіної (Gubina, 1982). Користуючись поділом нематод на трофічні групи за Г. Ййтсом (Yeates, 1979), вираховували частку кожної з них у ґрунті та підстилці.

**Результати.** Основна кількість видів фітонематод зосереджена у верхньому 5-сантиметровому шарі ґрунту, із збільшенням глибини їх кількість зменшується (Kozłowski, 2009). У підстилці ж, навпаки, чисельність нематод збільшується від верхнього горизонту до гумусового. У свіжоопалому листі найменше різноманіття нематод (горизонт L). У 2014 і 2015 роках у верхньому горизонті підстилки у різні пори року зосереджено від 22 до 28 %, ферментативному від 30 до 35 %, а гумусовому від 38 до 47 % загальної чисельності фітонематод.

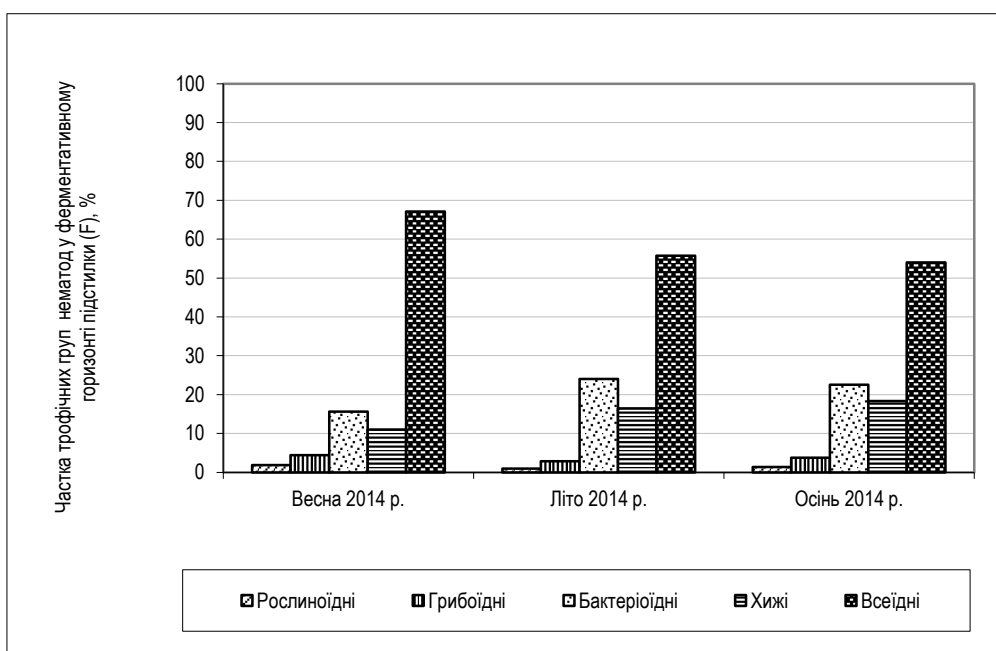
На рисунку 1 відображено частку різних трофічних груп нематод в угрупованні, виражену у відсотках, у верхньому горизонті підстилки контрольної ділянки. Рослиноїдні форми займають 3,7 %, грибоїдні – 0,7 %, бактеріоїдні – 25 %, хижі – 10,4 % і всеїдні – 59,9 % від загального угруповання L-горизонту підстилки упродовж різних періодів вегетації (весна, літо, осінь). Таке співвідношення трофічних груп свідчить про збережену природну структуру нематодного комплексу.



**Рис. 1.** Частка трофічних груп нематод у верхньому горизонті підстилки (L), % на контрольній ділянці Бт1 за 2014 р. упродовж вегетаційного періоду (весна, літо, осінь).

У ферментному горизонті підстилки, як і у верхньому, переважають всеїдні та бактеріоїдні трофічні групи нематод (рис. 2). Рослиноїдні форми займають 1,4 %, грибоїдні – 3,7 %, бактеріоїдні – 20,7 %, хижі – 15,3 % і всеїдні – 58,9 %

від загального угруповання протягом трьох досліджуваних сезонів (весна, літо, осінь). Загальна чисельність фітонематод у середньому горизонті підстилки є більшою, ніж у верхньому.

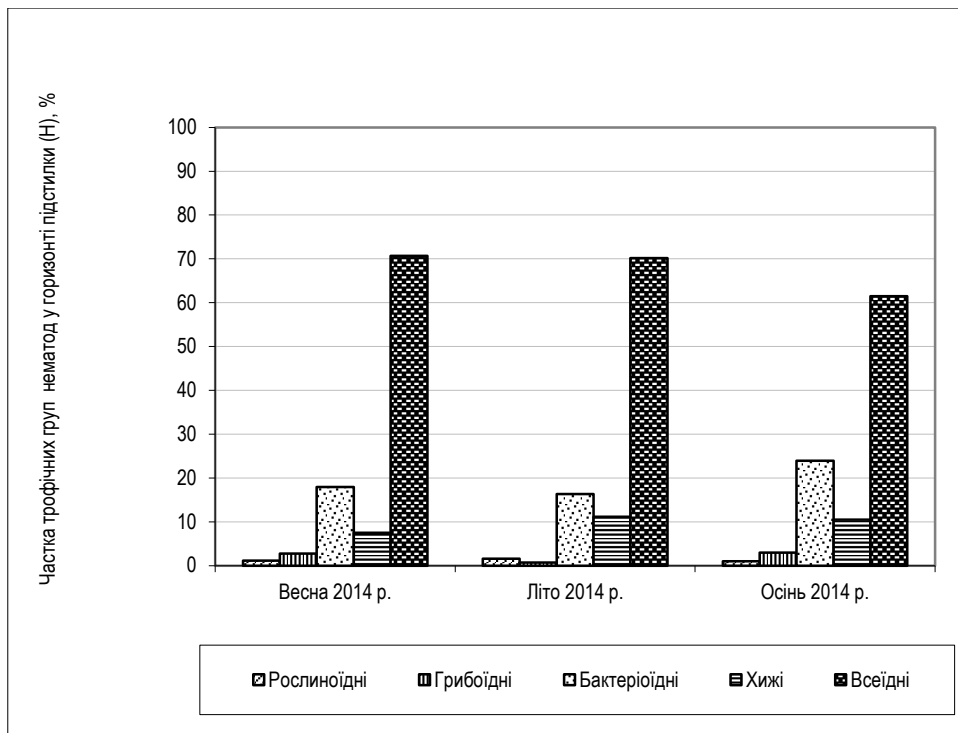


**Рис. 2.** Частка трофічних груп нематод у ферментному горизонті підстилки (F), % на контрольній ділянці Бт1 за 2014 р. упродовж вегетаційного періоду (весна, літо, осінь).

Н – горизонт підстилки характеризується переважанням всеїдних та бактеріоїдних трофічних груп (рис. 3). Рослиноїдні форми займають 1,2 %, грибоїдні – 2,2 %, бактеріоїдні

– 19,4 %, хижі – 9,7 % і всеїдні – 67,5 % від загального угруповання протягом трьох досліджуваних сезонів.

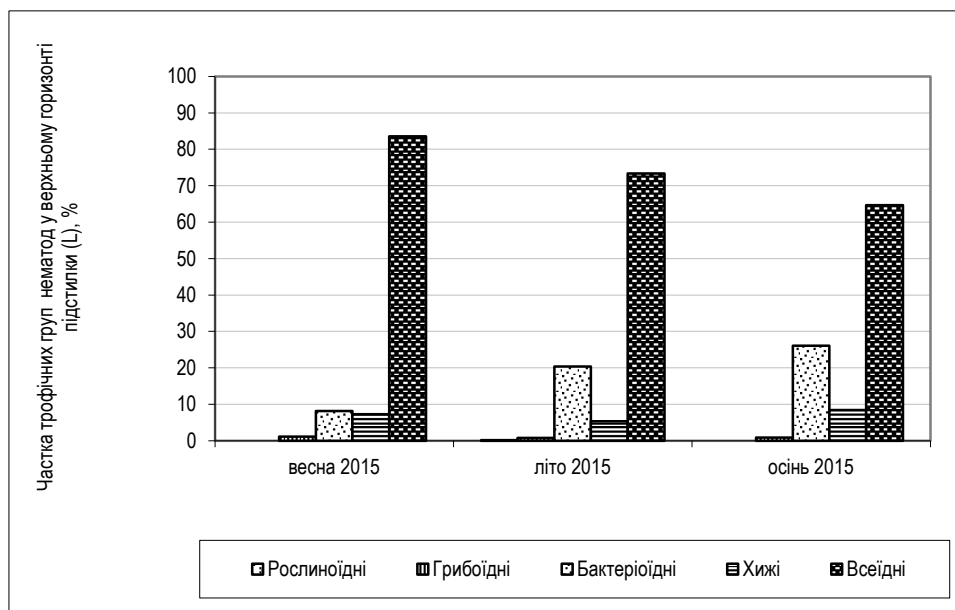




**Рис. 3.** Частка трофічних груп нематод у нижньому горизонті підстилки (Н), % на контрольній ділянці Бт1 за 2014 р. упродовж вегетаційного періоду (весна, літо, осінь).

Результати досліджень упродовж двох років є дуже подібними. L – горизонт підстилки також заселений найменше. З переважанням всеїдних та бактеріоїдних трофічних груп нематод. Найменшою є частка рослиноїдних форм –

0,4 %, грибоїдних – 0,9 %, хижих – 7 %, бактеріоїдних – 18,2 % і всеїдних – 73,9 % (рис. 4, 5).



**Рис. 4.** Частка трофічних груп нематод у верхньому горизонті підстилки (L), % на контрольній ділянці Бт1 за 2015 р. упродовж вегетаційного періоду (весна, літо, осінь).

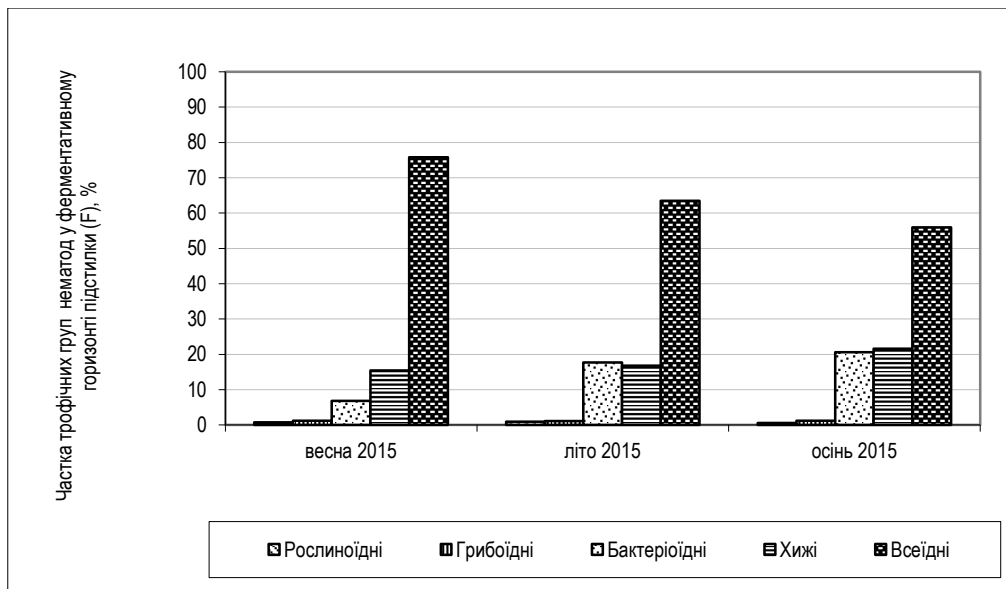


Рис. 5. Частка трофічних груп нематод у ферментному горизонті підстилки (F), % на контрольній ділянці Бт1 за 2015 р. упродовж вегетаційного періоду (весна, літо, осінь).

У ферментному горизонті підстилки рослиноїдні форми становлять 0,8 %, грибоїдні – 1,2 %, бактеріоїдні – 15,1 %, хижі – 17,9 % і всеїдні – 65 % від загального угруповання протягом трьох досліджуваних сезонів (весна, літо, осінь). У горизонті Н переважають всеїдні – 72,9 % та хижі

13,0 %. (рис. 6). Рослиноїдні форми займають 2,2 %, грибоїдні – 0,6 %, бактеріоїдні – 11,4 % від загального угруповання протягом трьох досліджуваних сезонів.

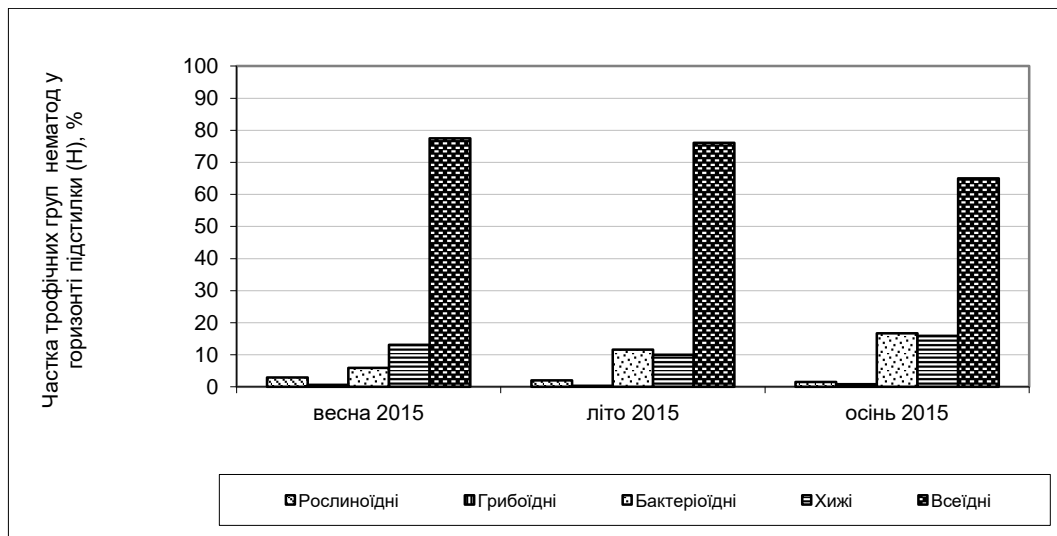


Рис. 6. Частка трофічних груп нематод у нижньому горизонті підстилки (H), % на контрольній ділянці Бт1 за 2015 р. упродовж вегетаційного періоду (весна, літо, осінь).

У всіх горизонтах найбільша чисельність всеїдних нематод, частка яких становить приблизно дві третини всього угруповання із найбільшим заселенням влітку. Частка хижих форм навесні і восени становить приблизно 10 %, а влітку збільшується до 15 %. Бактеріофаги навесні становлять близько 18 %, влітку – 25 %, а восени – 22 %, з переважанням їх у ферментному горизонті підстилки (F). Частка мікогельмінтів у всіх горизонтах підстилки становить приблизно 5 %, з переважанням загальної чисельності цієї трофічної групи у ферментному горизонті.

Всеїдні нематоди представлені в основному видами роду *Eudorylaimus* та *Aporcelaimellus*, хижі нематоди родами *Prionchulus*, *Iotonchus*, *Tripyla*, серед бактеріофагів домінують

нематоди родів *Plectus* і *Acrobeloides*, а групу мікофагів, в основному, представляють види роду *Aphelenchoides*.

**Обговорення.** Подібні результати отримали японські дослідники, які відбирали зразки у прибережному сосновому лісі для встановлення структури та просторового розподілу нематодних угруповань. Аналізуючи наведені дані, досліджуваний нематодний комплекс мав просту структуру і регулювався безпосередньо абіотичними чинниками, такими як вміст води та рН ґрунту. В угрупованні переважали бактеріоїдні нематоди (*Acrobeloides*) 20–25 %, всеїдні (*Aporcelaimellus*) 15–20 % та бактеріоїдні 12–22 % (*Prismatolaimus*) становили 60 % усіх родів виявлених у ша-

рах ґрунту 0–10 см та 10–20 см (Kitagami, et al., 2017). За результатами наших досліджень у нематодному комплексі первинних екосистем також переважають всеїдні та рослиноїдні нематоди.

Також аналіз трофічного співвідношення нематод був використаний у дослідженнях впливу інвазійних видів на структуру та функції екосистем, де *Spartina alterniflora* Loisel. та *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. мали різний вплив на видовий склад фітонематод. А саме виявлення меншої чисельності рослиноїдних представників у присутності інвазійної *S. alterniflora*, і більшої чисельності бактеріоїдних представників у присутності *P. australis* (Zhang et al., 2017).

В результатах наших досліджень екологічна група всеїдних нематод представлена, в основному, такими таксонами, як *Dorylaimus*. Група хижих представлена, в основному, видами родів *Prionchulus*, *Lotonchus* а також *Tripyla*, спалахи чисельності яких припадають на літній період. Найбільша заселеність переважно припадає на F-горизонт. Бактеріофаги представлені видами родів *Alaimus*, *Plectus* (найбільша кількість), *Drilosephalobus* і *Acrobeles* (у незначних кількостях). Заселять переважно горизонт F. Група мікофагів представлена, в основному, видами роду *Aphelenchus* і *Tylenchus*. Фітофаги представлені родами у більшій кількості *Eudorylaimus*, у меншій – *Mesodorylaimus*, у найменшій – *Criconema* (найбільша чисельність спостерігається протягом літнього періоду). Вони заселяють нижні шари підстилки.

Подібні дослідження проводились у Китайській провінції Сичуань у субальпійських та альпійських лісах. Для вивчення різноманітності ґрунтових нематод були підібрані первинний, вторинний та мішаний ліси. Усі особини були класифіковані на рослиноїдних, грибоїдних, бактеріоїдних, всеїдних та хижаків. У первинному та вторинному лісах переважали грибоїдні, а у мішаних лісах переважали бактеріоїдні види (Chen et al., 2017). Вивчення співвідношення трофічних груп у межах природного букового лісу та прилеглого до нього керованого лісу також підтверджують більшу чисельність бактеріофагів у природних лісах, ніж в антропогенно змінених (Bjørnlund et al., 2004).

Аналізуючи сезонну динаміку нематод контрольної ділянки, отримані наступні результати. Впродовж трьох сезонів (весна, літо, осінь) закономірність збільшення чисельності нематод в усіх горизонтах підстилки від L до H є майже однаковою в 2014 і в 2015 роках (в L – найменше, в F – середнє і в H – найбільше значення). З переважанням в усіх горизонтах частки всеїдних близько 60–70 % із сезонним піком чисельності у літній період. Частка хижих навесні і восени – близько 10 %, яка влітку збільшується до 15 %. Частка бактеріофагів навесні становить близько 18 %, влітку – близько 25 % і восени – близько 22 % з переважанням їх у ферментному шарі підстилки (F). Частка мікогельмінтів у всіх горизонтах підстилки становить близько 5 %, з переважанням загальної чисельності цієї трофічної групи в F-горизонті. Чисельність не суттєво змінювалася впродовж сезонів, але збільшувалась у літній період. Частка фітогельмінтів у всіх горизонтах підстилки є найменшою – близько 2 %. Їх чисельність збільшується до 3 % у літній період. В Китаї, у горах Чанбайшань, також досліджували сезонну динаміку нематод та спостерігали коливання чисельності ґрунтових безхребетних без суттєвих відмінностей між сезонами. Проте відрізнялися закономірності розподілу нематод та їх таксономічний склад у вторинній та первинній екосистемах (Chen & Xiuqin, 2019).

За результатами досліджень природні ліси характеризувались високим видовим різноманіттям нематод та високою мікробною біомасою у порівнянні з напівприродними і керованими екосистемами в Словаччині (Renčo et al., 2020). Дослідження ґрунтів різного призначення господарських угідь в Кенії також дало цікаві результати для можливості порівняння нематод деградованих екосистем та екосистем, що знаходяться у природньому стані. Чисельність грибоїдних нематод зростала із збільшенням інтенсивності землекористування (Wachira et al., 2013).

**Висновки.** В результаті господарської діяльності площі корінних екосистем постійно зменшуються, а на їх місцях з'являються нові штучні насадження, переважно із зміною едифікаторних порід, що призводить до зміни консортивної структури та зниження стійкості таких екосистем. Проведені дослідження дають можливість використовувати отримані результати для порівняння з похідними екосистемами та для визначення ступеня трансформованості похідних екосистем.

В первинній екосистемі заселеність підстилки нематодами становила 56–68 % протягом двох вегетаційних періодів. Зосередження їх більшої чисельності у підстилці мішаного лісу свідчить про те, що у ній інтенсивно відбувається переробка органічної речовини. В цьому процесі беруть участь нематоди, які належать до трофічної групи бактеріоїдні, частка яких переважає у підстилці та ґрунті мішаного лісу і складає 32–37 %. Такі результати вказують на збережену структурно-функціональну структуру нематодного комплексу, що може слугувати еталоном для аналізу співвідношень трофічних груп нематодних комплексів вторинних екосистем.

На основі вивчення структурно-функціональної організації нематодних угруповань первинних екосистем з'являється можливість визначити ступінь трансформованості вторинних екосистем, адже антропогенна діяльність призводить до змін у їх формуванні. Нематодні угруповання корінних екосистем мають збережену еволюційно-сформовану структурно-функціональну організацію та співвідношення трофічних груп. Це забезпечує цілісність і стійкість біогеоценозів. Тому такі угруповання мають значну біоіндикаційну роль. Дослідження, які проводились у межах НПП Сколівські бескиди, показали, що чисельність нематод у підстилці збільшується від верхнього горизонту до гумусового. У свіжоопалому листі найменше різноманіття нематод (горизонт L). У 2014 і 2015 роках у верхньому горизонті підстилки в різні пори року зосереджено від 22 до 28 %, ферментативному від 30 до 35 %, а гумусовому від 38 до 47 % загальної чисельності фітонематод. У всіх горизонтах найбільша чисельність всеїдних нематод, частка яких становить приблизно дві третини всього угруповання із найбільшим заселенням влітку. Частка хижих форм навесні і восени становить приблизно 10 %, а влітку збільшується до 15 %. Бактеріофаги навесні становлять близько 18 %, влітку – 25 %, а восени – 22 %, з переважанням їх у ферментному горизонті підстилки (F). Частка мікогельмінтів у всіх горизонтах підстилки становить приблизно 5 %, з переважанням загальної чисельності цієї трофічної групи у ферментному горизонті. Всеїдні нематоди представлені в основному видами роду *Eudorylaimus* та *Aporcelaimellus*, хижі нематоди родами *Prionchulus*, *Lotonchus*, *Tripyla*, серед бактеріофагів домінують нематоди родів

*Plectus* і *Acrobelloides*, а групу мікофагів в основному представляють види роду *Aphelenchoides*. Отримані доцільно використовувати для порівняння змін у нематодних угрупованнях у похідних екосистемах.

#### Бібліографічні посилання:

1. Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution environmental monitoring*, 14(6), 224–228. doi: 10.1016/S0169-5347(98)01583-3.
2. Jackson, L. E., Bowles, T. M., Ferris, H., Margenot, A. J., Hollander, A., Garcia-Palacios, P., Daufresne, T., & Sánchez-Moreno, S. (2019). Plant and soil microfaunal biodiversity across the borders between arable and forest ecosystems in a Mediterranean landscape. *Applied Soil Ecology*, 136, 122–138.
3. Busse, M., Giardina, C. P., Mores, D. M., & Page-Dumroese, D. S. (2019). Global Change and Forest Soils: Cultivating Stewardship of a Finite Natural Resource. *Developments in soil science*, 36, 411–412.
4. Müller, C. A., Pereira, L. de M., Lopes, C., Cares, J., Borges, Luiz Gustavo dos Anjos, Giongo, A., Graeff-Teixeira, C., Morassutti, L. A. (2019). Meiofaunal diversity in the Atlantic Forest soil: A quest for nematodes in a native reserve using eukaryotic metabarcoding analysis. *Forest Ecology and Management*, 453, 117591. doi: 10.1016/j.foreco.2019.117591
5. Renc, M., Cerevková A. & Gömöryová, E. (2019). Soil Nematode Fauna and Microbial Characteristics in an Early-Successional Forest Ecosystem. *Journal Forests*, 10(10), 888. doi: 10.3390/f10100888
6. Ruehle, J. L. (1965). The Biology of Plant Parasitic Nematodes. *Forest Science*, 11, 383. doi.org/10.1093/forestscience/11.3.383.
7. Iki, T., Matsunaga, K., Hirao, T., Ohira M., Yamanobe, T., Iwaizumi, M. G., Miura, M., Isoda, K., Kurita, M., Takahashi, M., Watanabe, A. (2020). Effects of Temperature Factors on Resistance against Pine Wood Nematodes in *Pinus thunbergii*, Based on Multiple Location Sites Nematode Inoculation Tests. *Forests*, 11(9), 922. doi: 10.3390/f11090922.
8. Dwinell, L. D. & Nickle, W. R. (1989). An Overview of the Pine Wood Nematode Ban in North America // Southeastern Forest Experiment Station, 2, 20.
9. Yeates G. W. (2007). Abundance, diversity, and resilience of nematode assemblages in forest soils. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(2), 216–225. doi: 10.1139 / x06-172.
10. Cardoso, M., S. O., Pedrosa, E. M. R., Ferris, H., Rolim, M. M., & Oliveira L. S. C. (2016). Nematode Fauna of Tropical Rainforest in Brazil: A Descriptive and Seasonal Approach. *J Nematol.*, 48(2), 116–125.
11. Rong, S., Xin-Juan, Z., Hai-Qing, W., Fa, Z., Xiao-Yan, Y. & Wen, X. (2020). Succession of soil nematode-trapping fungi following fire disturbance in forest. *Journal of Forest Research*, 25(6), 433–438. doi: 10.1080/13416979.2020.1793465
12. Kavitha, P. G., Sudha, A. & Devi, P. A. (2020). Exploration and biodiversity of nematode in Nilgiri forest ecosystem. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 1722–1727.
13. Zapalowska, A. & Skwiercz, A. (2018). Entomopathogenic nematodes in the soil of forests and nurseries. *Sulwan*, 162(12), 1018–1028.
14. Dionísio, J. A., Demetrio, W. C. & Maceda, A. (2018). Earthworms and Nematodes: The Ecological and Functional Interactions. *The Ecological Engineers of Soil*, Sajal Ray, IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.74211. Available from: <https://www.intechopen.com/books/earthworms-the-ecological-engineers-of-soil/earthworms-and-nematodes-the-ecological-and-functional-interactions>
15. Khan, M. R. (2012). Nematodes, an Emerging Threat to Global Forests: Assessment and Management. *Plant Pathology Journal*, 11(4), 99–113. doi: 10.3923/ppj.2012.99.113
16. Hu, N., Li, H., Tang, Z., Li, Z., Tian, J., Lou, Y., Li, J., Li, G. & Hu, X. (2016). Community diversity, structure and carbon footprint of nematode food web following reforestation on degraded Karst soil. *Scientific Reports*, 6, 28138. doi: 10.1038/srep28138
17. Hanel, L. (1996). Soil nematodes in five spruce forests of the Beskydy mountains, Czech Republic. *Fundamental and applied nematology*, 19(1), 15–24.
18. Huang, Y., Yang, X., Zhang, D., Zhang, J. (2020). The effects of gap size and litter species on colonization of soil fauna during litter decomposition in *Pinus massoniana* plantations. *Applied Soil Ecology*, 15, 103611. doi: 10.1016/j.apsoil.2020.103611
19. Paramonov, A. A. (1952). Opyt ekolohycheskoy klassyfykatsyi fytonematod [Experience of ecological classification of phytonematodes]. *Trudy helmyntolohycheskoy laboratoryi AN SSSR*, 6, 338–369 (in Russian).
20. Sumenkova, N. I. (1978). O metodakh prigotovleniya preparatov nematod dlya morfotaksonomicheskikh issledovaniy [On the methods of preparation of nematode preparations for morphotaxonomic studies]. *Fitogelmintologicheskie issledovaniya*. Nauka, Moskva, 127–136 (in Russian).
21. Moser, T. & Frankenbach, S. (2009). Methodological adaptation for nematodes extration in forest soils of the southern Mata Atlântica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(8). doi: 10.1590/S0100-204X2009000800027
22. Nesterov, P. I. (1988). Klass kruglykh chervey *Nematoda* [Roundworm class *Nematoda*]. Kishinev, Shtiintsa, 276 (in Russian).
23. Gubina, V. G. (1982). Nematody rasteniy i pochvy Rod [Plant and soil nematodes Genus *Ditilenkhus*]. Nauka, Moskva, 248 (in Russian).
24. Yeates, G. W. (1979). Soil nematodes in terrestrial ecosystems. *J. Nematol*, 11, 213–229.
25. Kozlovskiy, M. P. (2009). Fitonematody nazemnykh ekosystem Karpatskoho rehionu [Phytonematodes of terrestrial ecosystems of the Carpathian region]. Lviv, 316.

26. Kitagami, Y., Kanzaki, N., & Matsuda, Y. (2017). Distribution and community structure of soil nematodes in coastal Japanese pine forests were shaped by harsh environmental conditions. *Applied Soil Ecology*, 119, 91–98.
27. Zhang, P., Neher, D. A., Li, Bo & Wu, J. (2018). The Impacts of Above- and Belowground Plant Input on Soil Microbiota: Invasive *Spartina alterniflora* Versus Native *Phragmites australis*. *Ecosystems*, 21, 469–481.
28. Chen, Ya, Yang, Wan Qin, Wu, Fu Zhong, Yang, Fan, Lan, Li Ying, Liu, Yu Wei, Guo, Cai Hong, & Tan, Bo (2017). Diversity of soil nematode communities in the subalpine and alpine forests of western Sichuan, China. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 28(10), 3360–3368. doi: 10.13287/j.1001-9332.201710.037
29. Bjørnlunda, L., Vestergårda, M., Johanssona, S., Nyborga, M., Steffensena, L., & Christensena, S. (2002). Nematode communities of natural and managed beech forests – a pilot survey. *Pedobiologia*, 46(1), 53–62. doi: 10.1078/0031-4056-00113.
30. Chen Ma & Xiuqin Yin (2019). Responses of soil invertebrates to different forest types in the Changbai Mountains of China // *Journal of Forest Research*, 24(5), 1–9. doi: 10.1080/13416979.2019.1592287
31. Renčo M., Gömöryová E, & Čerevková A. (2020). The Effect of Soil Type and Ecosystems on the Soil Nematode and Microbial Communities. *Helminthologia*, 57(2), 129–144. doi: 10.2478/helm-2020-0014
32. Wachira P. S. & Okoth, J. W. (2013). Kimenju. *Journal of Agricultural Science*, 5(12). doi: 10.5539/jas.v5n12p154

**Miedvedieva I. V.**, Senior engineer of Natural Ecosystems department, Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

**Kozlovsky M. P.**, Doctor of Biological Sciences, Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

### **FUNCTIONAL ORGANIZATION OF SOIL NEMATODE COMMUNITIES OF SPRUCE IN PRIMARY ECOSYSTEMS**

Based on the study of the structural and functional organization of nematode communities of primary ecosystems, it is possible to determine the degree of transformation of secondary ecosystems, because anthropogenic activity leads to changes in their formation. Nematode communities of indigenous ecosystems have preserved their evolutionary-formed structural and functional organization and the ratio of trophic groups. This ensures the integrity and stability of biogeocenoses. Therefore, such groups have a significant bioindication role. The research was conducted within the Skolivski Beskydy National Nature Park. A mixed beech forest was selected as the reference plot. For two years, we have been taking samples of litter and soil under the spruce canopy. Nematodes were separated from the soil using the Berman method on a Kempson device. De Man indices were used to determine species. Based on the division of nematodes into trophic groups according to G. Yeats, we calculated the part of each of them in the litter and soil.

The number of nematodes in the litter increases from the upper horizon to the humus. In freshly fallen leaves the variety of nematodes (horizon L) is the least. In 2014 and 2015 in the upper horizon of the litter at different times of the year, the number of phytoneumatodes varied from 22 to 28 %, in the enzymatic horizon from 30 to 35 %, and in the humus horizon from 38 to 47 % of the total number of phytoneumatodes. The three litter horizons have the largest number of omnivorous nematodes, which is about two-thirds of the total number of the community with the largest quantity in summer. The part of predatory nematodes in spring and autumn is about 10 %, and in summer increases to 15 %. Bacteriovorus nematodes make about 18 % in spring, 25 % in summer, and 22 % in autumn, with a predominance in the F-horizon of litter. The part of fungivorous nematodes in all horizons of litter is approximately 5 %, with a predominance of the total number of this trophic group in the enzyme horizon.

Omnivorous nematodes are represented mainly by species of the genus *Eudorylaimus* and *Aporcelaimellus*, carnivorous nematodes belong to the genera *Prionchulus*, *Iotonchus*, *Tripyla*, and bacteriophages are dominated by nematodes of the genera *Plectus* and *Acrobeloides*, and the group of fungivorous is mainly represented by species of the genus *Aphelenchoides*.

Our results were later used to compare changes in nematode communities in derived ecosystems.

**Key words:** structural and functional organization, primary ecosystem, nematode complex, trophic group.

Дата надходження до редакції: 29.09.2019 р.

## РІСТ ТА РОЗВИТОК НУТУ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Мельник Андрій Васильович**

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-8606-6750  
andrii.melnyk@snau.edu.ua

**Романько Юрій Олександрович**

кандидат сільськогосподарських наук, керівник департаменту агрономічних рішень в Україні  
ТОВ «Байер», м. Київ, Україна  
ORCID: 0000-0002-1882-2710  
romanko.yuriy1983@gmail.com

**Бруннов Максим Ігорович**

аспірант  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-7936-7216  
maksym.brunov@snau.edu.ua

**Сороколіт Євген Миколайович**

аспірант  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-8749-0094  
yevhen.sorokolit@snau.edu.ua

**Кубрак Тетяна Михайлівна**

магістр  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
tetanakubrak@gmail.com

Останні роки в Україні були особливо посушливими та жаркими, тому впевнено можна сказати, що з'являється стала перспектива для вирощування більш посухо- та жаростійких культур. Однією з найбільш адаптованих культур для посушливих природно-кліматичних зон можна назвати нут. Представлені результати досліджень з вивчення реакції сучасних сортів нуту на умови вирощування. Дослідження проводилися протягом 2019–2020 рр. на базі ННБК Сумського національного аграрного університету.

За результатами досліджень виявлено, що в умовах північно-східного Лісостепу України найменшим період вегетації був у сорту Скарб (93 доби), найбільш тривалий – у сорту Іордан (110 діб). Сорти Пам'ять, Одисей, Адмірал, Аргумент, Буджак, Тріумф, Красень мали період вегетації від 101 до 104 діб. Суттєво вищі рослини було сформовано у сорту Одисей та Тріумф (52,4–53,3 см). Найменшу висоту мали рослини сорту Скарб (42,7 см). Висота прикріплення нижнього бобу в усіх досліджуваних сортів відповідала вимогам за даною ознакою, яка варіювала від 17,5 до 22,5 см. Слід відзначити найвищу кількість гілок першого порядку у сортів Красень (4,5 шт.), дещо менший показник отримано у сортів Адмірал (3,7 шт.), Пам'ять (3,5 шт.) та Тріумф (3,1 шт.). Важливою складовою формування вегетативної сфери рослин, а потім і продуктивних органів квіток та плодів, є гілки третього порядку. Максимальний показник кількості гілок третього порядку (2,8 шт.) було отримано у сортів Одисей та Буджак.

Максимальну кількість листків нараховано у сорту Красень (93,8 шт.), мінімальну – у сортів Пам'ять (58,4 шт.) та Іордан (61,1 шт.). У решти сортів кількість листків мала значення в межах середнього по групі (68,8 шт.). Подібна тенденція спостерігалась за показником площі листкової поверхні. Так, лідером був сорт Красень (37,8 тис. м<sup>2</sup>/га), а аутсайдером – сорт Пам'ять (27,8 тис. м<sup>2</sup>/га). У переважної кількості сортів показник був в межах середнього по групі значення (33,6 тис. м<sup>2</sup>/га), зокрема: Скарб (34,6 тис. м<sup>2</sup>/га), Іордан (32,9 м<sup>2</sup>/га), Одисей (35,2 тис. м<sup>2</sup>/га), Аргумент (34,1 тис. м<sup>2</sup>/га), Адмірал (32,6 тис. м<sup>2</sup>/га), Буджак (33,1 тис. м<sup>2</sup>/га) та Тріумф (34,6 тис. м<sup>2</sup>/га). За результатами кореляційного аналізу виявлено тісну пряму ( $r = 0,88$ ) залежність між кількістю листків та площею листкової поверхні. Максимальний вміст хлорофілу було виявлено у сорту Пам'ять (60,5), дещо менше у сортів Іордан (58,1), Буджак (57,2) та Адмірал (57,1). Мінімальним значенням вмісту хлорофілу характеризувався сорт Красень (51,1). Слід відзначити наявну обернено пропорційну залежність між вмістом хлорофілу та показниками кількості листків (-0,80) і площею листкової поверхні (-0,90).

За результатами досліджень встановлено, що в умовах північно-східного Лісостепу України (Сумська область) сорти нуту Аргумент, Буджак, Одисей, Скарб та Тріумф формують оптимальні параметри асиміляційної поверхні посіву. Дані сортові особливості в подальшому забезпечать отримання найвищого врожаю зерна за період вегетації 93–103 доби.

**Ключові слова:** нут, період вегетації, морфологічні параметри, площа листкової поверхні, фітомаса.

**Вступ.** Останні роки в Україні були особливо посушливими та жаркими, тому впевнено можна сказати, що з'являється стала перспектива для вирощування більш посухотривких культур (Adamenko, 2006). Однією з найбільш адаптованих культур для посушливих природно-кліматичних зон можна назвати нут. В Лісостеповій зоні він ще не набув такої популярності, як у Степу, але, як було сказано раніше, клімат у нашій зоні змінюється і стає сприятливим для нуту. Він є дуже перспективною та цінною культурою, при цьому перевага віддається сортам із світлою оболонкою. Зерна містять комплекс вітамінів і мікроелементів та придатні для дитячого харчування. Вміст білка звичайно дещо нижчий, ніж у таких культурах як горох і соя, але у ньому містяться кращі за якістю та складом незамінні амінокислоти (Babych & Babych-Roberezhna, 2008). Також нут доцільно включати у сівозміни, оскільки він є добрим попередником, залишаючи після себе велику кількість біологічного азоту.

Світові площі вирощування *Cicer arietinum* у 2019 році становили близько 14 млн га. За обсягами виробництва у світі нут займає 4 місце, поступаючись сої, арахісу і квасолі та є однією з найприбутковіших культур в Україні (FAO, 2020). Враховуючи такий фактор, як зміна клімату, не дивно, що значно збільшились площі посівів та валовий збір культури. Також тенденція зумовлена достатньо високою дохідністю культури, незважаючи на те, що на території України досить широке різноманіття зернобобових культур. Оскільки нут користується таким великим попитом на світовому ринку та є перспективною культурою для нашої країни, відмічається зростання зацікавленості ним українських дослідників.

Незважаючи на всі плюси та перспективи нуту, може виникнути ряд проблем з його вирощуванням, оскільки це нова та мало досліджена культура. Однією із головних проблем є боротьба з бур'янами, оскільки конкурентна активність рослин нуту дуже низька, тому зі збільшенням кількості рослин бур'янів знижується урожайність самої культури (Bogona et al., 2013). Також потрібно приділити особливу увагу підбору найбільш високопродуктивного та адаптивного сорту для зони північно-східного Лісостепу України, оскільки у нашій зоні культура не досить досліджена.

Метою досліджень було визначення особливостей формування параметрів росту та розвитку сортів нуту різного походження в умовах північно-східного Лісостепу України. Дані закономірності мають важливе значення для добору сортів для північного регіону їх вирощування, зокрема Сумської області.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводилися протягом 2019–2020 рр. на базі ННВК Сумського національного аграрного університету (далі СумНАУ). Для проведення досліджень використано 9 сортів нуту: Адмірал, Буджак, Одисей, Скарб, Триумф, Пам'ять (Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН України), Красень (ТОВ «Насіння Луганщини»), Іордан (Ізраїль).

*Об'єкт дослідження* – ріст і розвиток рослин нуту залежно від сортових особливостей та ґрунтово-кліматичних умов.

*Предмет досліджень* – розвиток рослин (проходження фенологічних фаз), морфологічні показники (висота, кількість листків, галузистість, площа листової поверхні, фі-

томоса надземної і підземної сфери, вміст хлорофілу) та ґрунтово-кліматичні умови.

Попередник – зернові колосові. Спосіб сівби рядковий (15 см), норма висіву – 0,7 млн/га. Розмір облікової ділянки 30 м<sup>2</sup>. Морфологічні заміри та фенологічні спостереження проводили за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (Metodyka derzhavnogo sortovuprobuvannya..., 2000). Визначення площі листків нуту проводили методом «висічок», який базується на визначенні площі і маси 50 висічок, а також маси листової поверхні всієї проби у лабораторних умовах на зрізаних рослинах і подальших розрахунків за формулою (Nuchurogovych, 1972). Вміст хлорофілу в листках визначали шляхом приготування розчину в спиртній витяжці з подальшим визначенням на спектрофотометрі ULAB 102. Одночасно проводили експрес діагностику в польових умовах за допомогою SPAD-502 plus з подальшою побудовою калібрувального графіка.

Статистичний аналіз результатів досліджень проводили за допомогою дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів з використанням комп'ютерних програм Statistica-8.0 (Ermantraut et al., 2007; Carenko et al., 2000).

**Результати.** За роки проведення досліджень (2019–2020 рр.) погодні умови вегетаційного періоду нуту були з відхиленнями від середніх багаторічних показників, що дозволило дати більш повну, всебічну та об'єктивну оцінку одержаним результатам.

У 2019 році температурні умови загалом були сприятливі для росту й розвитку рослин нуту. Так, період сівбасходи характеризувався підвищенням показником, температура повітря становила 17,6 °С. Відхилення від середньобаторічних показників становило 2,0 °С. Період сходи-бутонізація, що припадав на червень, характеризувався підвищеними показниками, порівняно із середньобаторічними даними – відхилення становило 5,6 °С. У період цвітіння та наливу зерна (у липні-серпні) температура повітря була вища на 1,1 та 2,5 °С від середньобаторічних показників (20,2 та 19,2 °С), що мало позитивний вплив на реалізацію генетичного потенціалу сортів нуту. У вересні температура повітря становила 15,5 °С, що на 2,1 °С перевищувало середньобаторічні показники. Кількість опадів за вегетаційний період була нерівномірною і значно відрізнялася від середньобаторічних показників. У травні 2019 року випало 40,7 мм опадів, що на 13,3 мм менше за середньобаторічні показники. У червні, липні та серпні кількість опадів була значно нижчою від середньобаторічних показників на 50,2 мм, 18,6 мм та 52,5 мм відповідно. Сніговий покрив установився 03.12.2019 року. Тривалість зимового періоду становив 87 днів.

В 2020 році середньодобова температура повітря перейшла через 0 °С у бік підвищення 15.02.2020 року, що свідчило про завершення зимового періоду і початок весни. У березні істотно почало теплішати, температурний режим становив 5,4 °С. Опадів випало не багато, 15 мм – 39 %, при багаторічному показнику 38 мм. У квітні температура почала зростати, було вітряно, опади протягом цього періоду були незначні. За цей місяць середньодобова температура повітря становила 7,8 °С, що на 0,9 °С менше багаторічного показника 8,7 °С. Опадів випало 12 мм – 30 % від багаторічного показника 40 мм. У травні також спостерігалися приморозки

на поверхні ґрунту силою від мінус 2 °С. Таких днів з приморозками було 3. Останній приморозок на поверхні ґрунту зареєстровано 22.05.2020 р. За весняний період середньодобова температура повітря становила 8,9 °С що вище на 0,8 °С за багаторічну температуру 8,1 °С. Опадів випало 120 мм – 91 % при багаторічній 132 мм. Середньодобова температура повітря за літній період становила 22,1 °С, що на 2,7 °С вище середнього багаторічного показника. Опадів випало 126 мм, що становить 63 % при багаторічному показнику 200 мм. Всього за літній період було 13 днів з опадами.

Сума активних температур повітря вище + 10 °С за літній період склала 2027 °С, тоді як середньобагаторічна становить – 1790 °С.

Важливою складовою за підбору сортів рослин є їх реакція на кліматичні умови зони. Основним індикатором є тривалість міжфазних періодів та загального періоду вегетації. За сівби сортів нуту 15 травня 2019 року та 17 травня 2020 року повні сходи з'явилися майже одночасно (табл. 1).

Таблиця 1

Тривалість міжфазних періодів сортів нуту в умовах ННБК СНАУ (середнє за 2019–2020 рр.)

Сорт	Тривалість міжфазних періодів, діб					Тривалість вегетації, діб
	Повні сходи гілкування	Гілкування - бутонізація	Бутонізація-цвітіння	Кінець цвітіння-налив	Налив-повна-стиглість	
Скарб	11	14	13	11	44	93
Йордан	12	18	14	19	47	110
Одисей	12	15	13	15	46	101
Аргумент	12	15	14	15	46	102
Адмірал	12	17	13	14	45	101
Буджак	12	17	13	15	45	102
Тріумф	12	17	12	16	46	103
Пам'ять	12	17	12	13	46	100
Красень	11	16	14	16	47	104
Середнє за групою сортів	12	16	13	15	46	102

Гілкування також розпочалося одночасно на 11–12 добу. Більш вираженими відмінності були на період бутонізація-цвітіння: найдовшим у сорту Йордану (18 діб), мінімальним у Скарб (14 діб), а у решти сортів від 15 до 17 діб. Майже однаковою була тривалість періоду бутонізація-цвітіння для всіх сортів (12–14 діб). Суттєві відмінності були виявлені за періоду кінець цвітіння-налив: у Йордану (19 діб), дещо меншим у сортів Тріумф та Красень (16 діб), мінімальним у Скарбу (11 діб). Подібна тенденція була за періоду налив-стиглість, що і обумовило тривалість періоду вегетації у цілому.

Отже, в умовах північно-східного Лісостепу України найменший період вегетації був у сорту Скарб (93 доби), до речі, це єдиний сорт, який рекомендовано до вирощування у зоні Степу та Лісостепу України. Імпортований (з Ізраїлю)

сорт Йордан характеризувався найдовшим періодом вегетації у наших умовах (110 діб). Решта сортів за тривалістю вегетації мали середні значення: Пам'ять (100 діб), Одисей та Адмірал (101 добу), Аргумент та Буджак (102 доби), Тріумф (103 доби), Красень (104 доби).

Серед науковців має місце думка, що сорти за вирощування у різних ґрунтово-кліматичних умовах змінюють свої морфологічні параметри та ознаки (Kalens'ka, Shherbakova & Gonchar, 2014; Bushuljan, 2015; Holod, 2013). Зміни обумовлюються проявом стійкості біологічних систем до умов навколишнього середовища та реалізацією адаптаційного потенціалу. Важливими морфологічними параметрами рослин нуту є висота рослин, висота прикріплення нижнього бобу та ступінь гілкування (табл. 2).

Таблиця 2

Морфологічні параметри сортів нуту в умовах ННБК Сумського НАУ (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіант	Висота, см	Висота кріплення нижнього боба, см	Кількість гілок 1 порядку, шт.	Кількість гілок 2 порядку, шт.	Кількість гілок 3 порядку, шт.
Скарб	42,7	22,5	2,3	4,6	1,3
Йордан	45,4	20,9	2,6	4,6	1,2
Одисей	53,2	19,2	1,8	5,4	2,8
Аргумент	44,7	20,6	2,4	4,1	0,8
Адмірал	43,8	19,5	3,7	4,8	0,7
Буджак	46,9	17,5	2,0	5,3	2,8
Тріумф	52,4	20,8	3,1	5,1	1,2
Пам'ять	46,7	18,4	3,5	3,5	0,9
Красень	46,6	20,1	4,5	5,8	2,0
Середнє по групі	46,1	20,4	2,7	4,8	1,5
<b>Duncan test critical ranges</b>	<b>3,7</b>	<b>3,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>0,4</b>

За результатами досліджень виявлено, що суттєво вищі (рис. 1а) рослини було сформовано у сорту Одисей та Тріумф (52,4–53,3 см). Найменшу висоту мали рослини сорту Скарб (42,7 см).

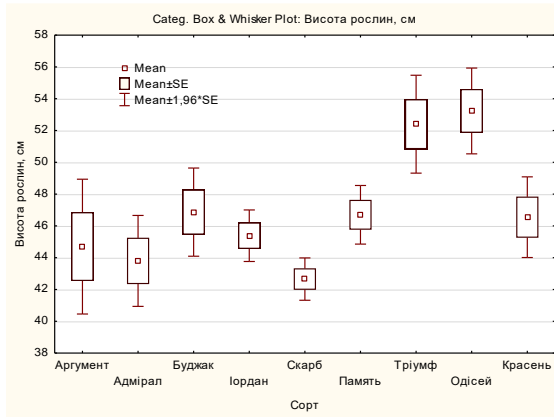
Висота прикріплення нижнього бобу – важливий показник для виробництва. Для механізованого збирання даних параметр має бути понад 10 см (Кугученко, 2009). Серед досліджуваних сортів всі зразки відповідали вимогам за даною



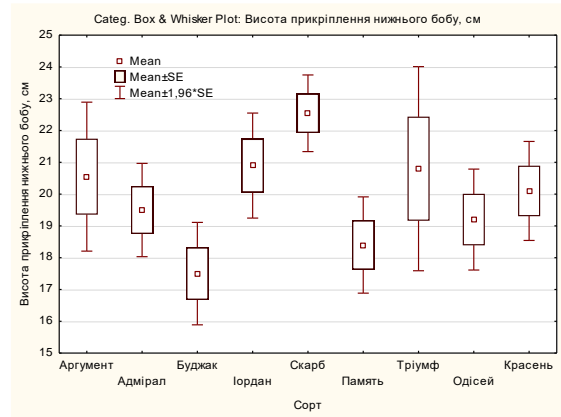
ознакою, яка варіювала від 17,5 до 22,5 см (рис 16).

Галузистість (кількість гілок) є сортовою ознакою, але вона значною мірою залежить від умов середовища (густоти стояння рослин, забезпеченості елементами живлення, погодних умов та ін.). Виявлено, що серед досліджуваних зразків, рослини різних сортів нуту мали специфічну архітектуру.

Деякі рослини формували більшу кількість гілок першого порядку, інші, навпаки, формували основну масу листя на гілках тертого порядку (рис. 2а–2в). Так, слід відзначити найвищу кількість гілок першого порядку у сортів Красень (4,5 шт.), дещо меншу у сортів Адмірал (3,7 шт.), Пам'ять (3,5 шт.) та Триумф (3,1 шт.).



а

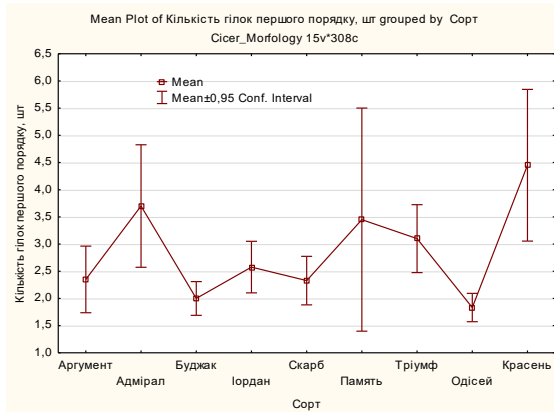


б

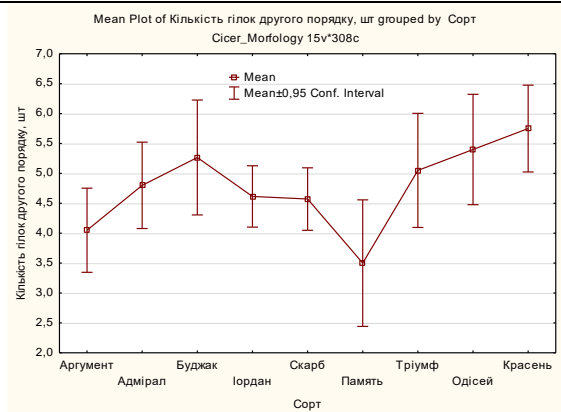
Рис. 1. Середні значення та довірчі інтервали морфологічних параметрів досліджуваних сортів нуту: а – висота рослин, см; б – висота прикріплення нижнього бобу, см.

Найменша галузистість першого ярусу була у сортів Одісей (1,8 шт.) та Буджак (2,0 шт.). В той же час, ці сорти мали найбільшу кількість гілок другого порядку (5,3–5,4 шт.).

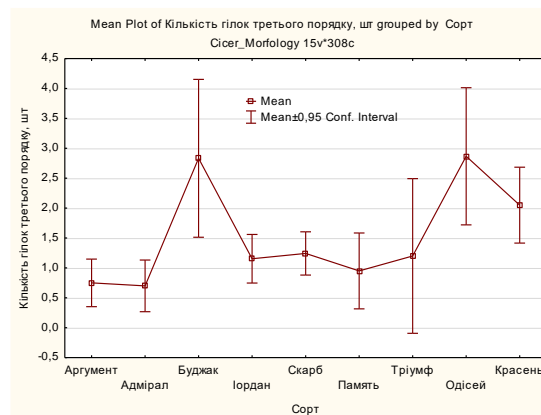
На рівні показника середнього по групі 4,6–4,8 шт. було сформовано гілок другого порядку у сортів Скарб, Іордан та Адмірал.



а



б



в

Рис. 2. Середні значення та довірчі інтервали кількості гілок у досліджуваних сортах: а – першого порядку, шт.; б – другого порядку, шт.; в – третього порядку, шт.

Важливу складовою формування вегетативної сфери рослин, а потім і продуктивних органів квіток та плодів,

є гілки третього порядку. Максимальний показник (2,8 шт.) було отримано у сортів Одісей та Буджак. Відомо, що добре

розвинені рослини обумовлюють формування високої врожайності будь якої культури, зокрема і нуту. Серед досліджених зразків мінімальну масу коріння отримано у рослин сорту Іордан (1,9 г) (табл. 4). На нашу думку причиною цього, може ареал походження сорту, створеного за посушливих умов (Із-

раїль) до більш вологозабезпечених регіонів (Україна), що зумовлює подібну реакцію, щодо формування менш розвинутої кореневої системи. В той же час, сорт Красень кормового напрямку використав сформував потужну кореневу систему (4,7 г). В цілому, переважна кількість сортів розвивали кореневу систему в межах середнього по групі (2,9–3,6 г).

Таблиця 4

Показники сформованої маси рослин сортів нуту в умовах ННБК Сумського НАУ (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіант	Середні значення маси частин однієї рослини, г		
	кореня	листіків	рослини (з плодами)
Скарб	2,3	18,3	35,1
Іордан	1,9	15,8	30,1
Одисей	2,3	21,5	33,2
Аргумент	3,5	20,3	36,8
Адмірал	2,9	16,9	32,1
Буджак	3,6	19,2	35,0
Тріумф	3,9	20,4	36,1
Пам'ять	2,4	15,1	29,8
Красень	4,7	29,4	46,4
Середнє по групі	3,1	19,8	35,0
<b>Duncan test critical ranges</b>	<b>0,5</b>	<b>3,2</b>	<b>4,8</b>

Мінімальне значення за показником «маса листків» мали сорти Пам'ять та Іордан (15,1–15,8 см). Найбільшу масу мали листки сформовані на рослинах сорту Красень (29,4 г). В межах середнього значення по групі масу листків мали рослини сортів Скарб, Одисей, Буджак, Аргумент, Тріумф (18,3–21,5 г). Загальна маса рослин з плодами варіювала від 29,8 (сорт Пам'ять) до 46,4 г (сорт Красень). У переважній кількості сортів показник був у межах середнього по групі значення, зокрема: Адмірал (32,1 г), Одисей (33,2 г), Буджак (35,0 г),

Скарб (35,1 г), Тріумф (36,1 г) та Аргумент (36,8 г).

Розвиток асиміляційної поверхні визначає інтенсивність процесу фотосинтезу, що впливає на формування органічної речовини як важливої складової врожаю. Максимальну кількість листків розраховано у сорту Красень (93,8 шт.), мінімальну у сортів Пам'ять (58,4 шт.) та Іордан (61,1 шт.). У решти сортів кількість листків мала значення в межах середнього по групі (68,8 шт.). Подібна тенденція спостерігалась за показником площі листової поверхні (табл. 5).

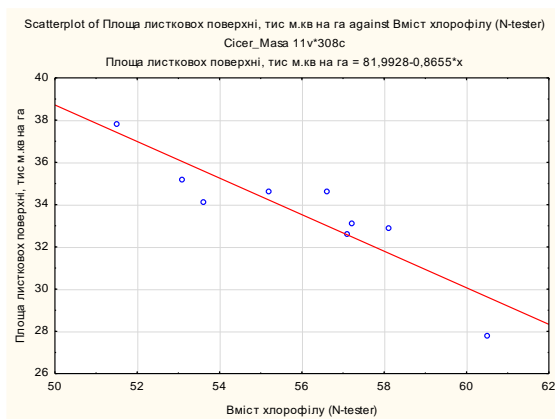
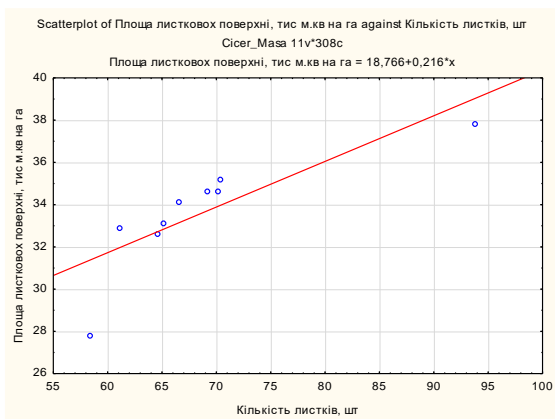
Таблиця 5

Розвиток асиміляційної поверхні сучасних сортів нуту в умовах ННБК Сумського НАУ (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіант	Кількість листків, шт.	Площа листової поверхні, тис. м <sup>2</sup> /га	Вміст хлорофілу, (одиниць N-tester)
Скарб	70,2	34,6	56,6
Іордан	61,1	32,9	58,1
Одисей	70,4	35,2	53,1
Аргумент	66,6	34,1	53,6
Адмірал	64,6	32,6	57,1
Буджак	65,1	33,1	57,2
Тріумф	69,2	34,6	55,2
Пам'ять	58,4	27,8	60,5
Красень	93,8	37,8	51,5
Середнє по групі	68,8	33,6	55,9
<b>Duncan test critical ranges</b>	<b>6,5</b>	<b>2,9</b>	<b>4,5</b>

Максимально розвинену площу листової поверхні мали рослини сорту Красень (37,8 тис. м<sup>2</sup>/га), а аутсайдером залишився сорт Пам'ять (27,8 тис. м<sup>2</sup>/га). У переважній кількості сортів показник був у межах середнього по групі значення (33,6 тис. м<sup>2</sup>/га), зокрема: Скарб (34,6 тис. м<sup>2</sup>/га), Іордан (32,9 тис. м<sup>2</sup>/га), Одисей (35,2 тис. м<sup>2</sup>/га), Аргумент (34,1 тис. м<sup>2</sup>/га), Адмірал (32,6 тис. м<sup>2</sup>/га), Буджак (33,1 тис. м<sup>2</sup>/га) та Тріумф (34,6 тис. м<sup>2</sup>/га). Проведений кореляцій та регресійний аналізи підтвердили існуючу тісну пряму ( $r = 0,88$ ) залежність між кількістю листків та площею листової поверхні (рис. 3а).

Відомо, що для ефективної роботи асиміляційного апарату, важлива не лише його площа, а і вміст основних пігментів, за допомогою яких відбувається процес фотосинтезу, зокрема хлорофілу. Максимальні значення, вмісту хлорофілу визначені експрес методом було виявлено у сорту Пам'ять (60,5), дещо менше у сортів Іордан (58,1), Буджак (57,2) та Адмірал (57,1). Мінімальним значенням хлорофілу характеризувався сорт Красень (51,1). Слід відзначити наявну обернено пропорційну залежність між вмістом хлорофілу та показниками кількості листків (-0,80) і площею листової поверхні (-0,90) (рис. 3б та рис. 3в).



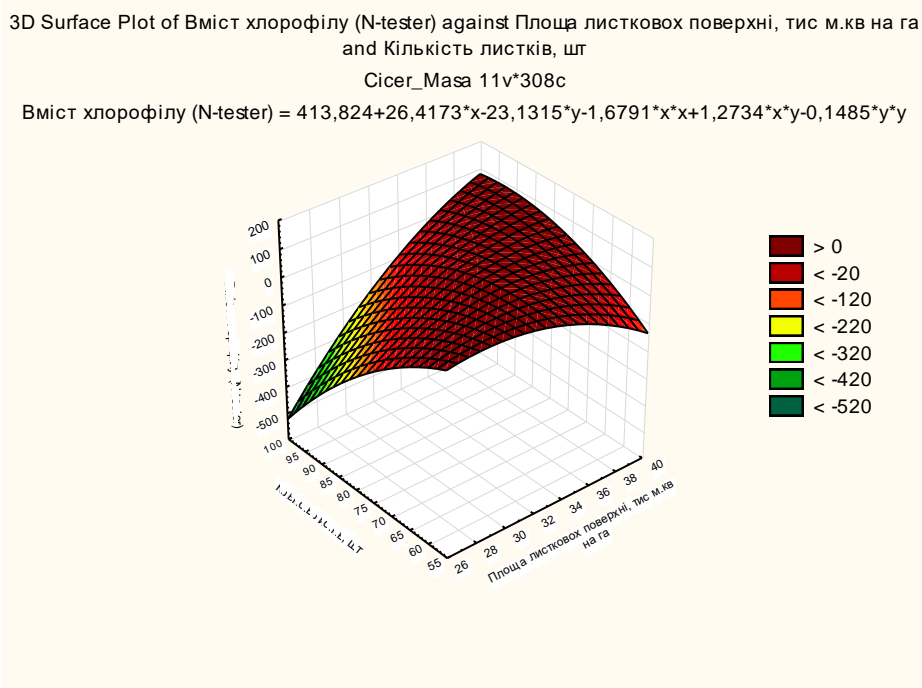
а

б

**Рис. 3.** Регресійний аналіз основних параметрів асиміляційної активності сортів нуту: а – площа листової поверхні–кількість листків; б – площа листової поверхні–вміст хлорофілу

Для наочного представлення встановлених залежностей була побудована 3D діаграма (рис. 4). Прослідковується

тенденція до зниження показнику вмісту хлорофілу за збільшення кількості листків і площі листової поверхні.



**Рис. 4.** Залежність вмісту хлорофілу (y) від кількості листків (x) та площі листової поверхні (z).

**Обговорення.** Загально доведено, що зміни клімату на планеті, особливо підвищення температури, вже вплинули на низку метеорологічних характеристик. Дані зміни торкнулись і умов північно-східної частини Лісостепу України. Так, порівняно з середніми багаторічними за період 1994–2020 рр., відмічено збільшення теплотозабезпеченості вегетаційного періоду на 198 °С, зменшення кількості опадів на 26,8 мм. Як наслідок, ГТК змінився з 1,18 до 0,95, що свідчить про формування умов характерних для центральних та південних регіонів країни (півдня Харківської, Дніпропетровської, Запорізької та Миколаївської областей).

Цілий ряд сучасних науковців наголошує на перспективі вирощування більш посухо- та жаростійких культур. Однією з найбільш адаптованих культур для посушливих приро-

дно-кліматичних зон України можна назвати нут. Слід відзначити досягнення в генетиці, селекції та насінництві культури (Sichkar, 2000, 2001; Babych & Babych-Poberezhna, 2008; Skyts'kyj & Gerasymova, 2010; Toker et al., 2012; Holod, 2019).

Вагомий внесок у дослідження з вивчення складових продуктивності та удосконалення технології вирощування нуту зробила низка вчених (Nepnan et al., 2012; Kalens'ka et al., 2012). Також не менш важливим є питання засобів захисту посівів нуту, чим займався В. Борона разом із колегами (Borona et al., 2013), який у своїй науковій роботі висвітлив шкідливість бур'янів та заходи боротьби з ними, встановив, що контроль в посівах нуту потрібно проводити вже за наявності 10 шт./м<sup>2</sup> бур'янів.

Дотичні до наших досліджень були проведені в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

(Netups'ka, 2012), щодо впливу передпосівної інокуляції насіння та норм добрив на фотосинтетичну продуктивність посівів нуту. Вагомий внесок у дослідження культури нуту внесли науковці Туреччини (Ozalkan et al., 2010; Chandakar et al., 2015). І. Дідур (Didur, 2017) у Вінницькій області, які виявили вплив обробки інокулянтами та мікродобривами на морфологічні параметри та фотосинтетичну продуктивність нуту. Проведені дослідження у Правобережному (Karpenko & Korobko, 2018, b) та Центральному Лісостепу України (Vororaj, 2019) щодо особливостей росту та розвитку рослин нуту за різних норм висіву та способів сівби. Ґрунтовні дослідження асиміляційної діяльності посівів нуту, залежно від сортових особливостей, були проведені (Kalens'ka et al., 2014) в НУБІП України. Експрес-метод визначення хлорофілу був апробований на ряді інших культур, зокрема сояшнику (Melnyk et al.,

2020).

Слід відмітити, що більшість досліджень проводились в зоні Степу (Bushuljan, 2009, 2012; Lavrenko, 2015 та ін.). Мають місце поодинокі дослідження в зоні Правобережного Лісостепу (Kvitko et al., 2013), Лівобережного Лісостепу (Sichkar, 2001), Західного Лісостепу (Lyhochvor & Pushhak, 2018), що робить наші дослідження актуальними та важливими.

**Висновки.** За результатами досліджень встановлено, що в умовах північно-східного Лісостепу України (Сумська область) сорти нуту Аргумент, Буджак, Одисей, Скарб та Триумф формують оптимальні параметри асиміляційної поверхні посіву. Дані сортові особливості у подальшому забезпечать отримання найвищого врожаю зерна за період вегетації 93–103 доби.

#### Бібліографічний список:

1. Adamenko, T. (2006). Zmina agroklimatychnyh umov ta i'h vplyv na zernove gospodarstvo [Changes of agro-climatic conditions and their impact on the grain farming]. *Agronom*, 3, 12–15 (in Ukrainian).
2. Babych, A. O., & Babych-Poberezhna, A.A. (2008). Svitovi resursy roslynnoho bilka [World resources of vegetable protein]. *Selekcija i nasynnyctvo*, 96, 215–222 (in Ukrainian).
3. Food and agriculture organization of the United Nations. FAO. [Electronic resource]. – Access mode: <http://faostat.fao.org/site/636/default.aspx#ancor>.
4. Borona, V. P., Zadorozhnyj, V. S., & Karasevych, V. V. (2013). Bur'jany v posivah nutu [Weeds in the chickpea plantings]. *Karantyn i zahyst roslyn*, 12, 7–9 (in Ukrainian).
5. Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannja sil'skogospodarskyh kul'tur (2000). [Methods of state varietal testing of crops] / red. V. V. Volkodav; Derzh. Komisija Ukrai'ny po vyprobuvannju ta ohoroni sortiv roslyn. Kyi'v, Alefa, 1, 100 (in Ukrainian).
6. Nychyporovych, A. A. (1972). Fotosyntetycheskaj adejatelnost' rastenyj y puty povishenyjajh produktyvnosty [Photosynthetic activity of plants and ways to increase their performance]. *Monografija. Nauka, Moskva* (in Russian).
7. Ermantraut, E. R., Prysazhnyuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). Statystychnyj analiz agronomichnyh doslidnyhdanyh v paketi Statistica – 6 [Statistical analysis of agronomic research data in the package of Statistica - 6]. *Metodychni vkazivky. Kyi'v*, 55 (in Ukrainian).
8. Carenko, O. M., Zlobin, Ju. A., Skljar, V. G., & Panchenko, S. M. *Komp'juterni metody v sil'skomugospodarstvi ta biologii'* (2000): navch. posib. [Computer methods in agriculture and biology.]. Un. Knyga, Sumy, 203 (in Ukrainian).
9. Kalens'ka, S. M., Shherbakova, O. M., & Gonchar, L. M. (2014). Asymiljacija dijajlnist posiviv nutu zalezno vid sortovyh osoblyvostej ta przedposivnoi obrobky nasinnja [Assimilation activity of chickpea plantings depending on varietal characteristics and pre-sowing seed treatment.] *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Serija: Agronomija i biologija*, 9, 110–113 (in Ukrainian).
10. Bushuljan, O. V. (2015) Stvorennja ta vprovadzennja u vyrobnyctvo posuhostijkyh sortiv nutu. [Development and production of drought-resistant chickpea varieties]. *Zbirnyk naukovykh prac' SGI-NCNS*, 26(66), 33–41 (in Ukrainian).
11. Holod, S. M., Holod, S. G., & Illichov, Ju. G. (2013). Nut – perspektivna zernobobova kul'tura dlja Lisostepu Ukrai'ny [Chickpeas as a promising legume for the Forest Steppe of Ukraine]. *Visn. Poltav's'koj'derzh. agrar. akad.*, 2, 49–54 (in Ukrainian). doi: 10.31210/visnyk2013.02.12
12. Kyrychenko, V. V. *Identyfikacija oznak zernobobovyh kul'tur (kvasolja, nut, sochevycja): navchal'nyjposibnyk* (2009). [Identification of the signs of legumes (beans, chickpeas, lentils)]. *Red.V. V. Kyrychenko. Harkiv: IR im. V. Ja. Jur'jeva*, 118 (in Ukrainian).
13. Sichkar, V. I. & Bushuljan, O. V. (2000). *Perspektyvy selekcii nutu v umovah pivnichnogo Lisostepu Ukrai'ny* [Prospects of chickpea breeding in the northern Forest Steppe of Ukraine]. *Visn. agrar. nauky*, 1, 38–40. (in Ukrainian).
14. Sichkar, V. I. (2001). *Tehnologija vyroshhuvannja nutu v Ukrai'ni* [Technology of growing chickpeas in Ukraine]. *Propozycja*, 10, 42–43 (in Ukrainian).
15. Skyts'kyj, V. Ju. & Gerasymova, Ju. I. (2010). *Analiz kolekcii' nutu dlja vykorystannja napidvy shhennja tehnologichno stipry vyroshhuvanni* [Analysis of chickpea collection for the use to increase machinability during cultivation]. *Genetychniresursyroslyn*, 8, 40–45 (in Ukrainian).
16. Toker, C., Oncu Ceylan, F., Ertoyl Inci, N., Yildirim, T., & Cagircan, M. Ilhan. (2012). Inheritance of leaf shape in the cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1), 16–18.
17. Holod, S.M. (2019). *Harakterystyka novyh zrazkiv nutu* [Characteristics of new chickpea samples]. *Svitovi roslynni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku*, 64–66 (in Ukrainian).
18. Nepran, I. V. Nikolajenko, A. M., & Stec', S. I. (2012). *Vplyv normv sivu na produktyvnist nutu v umovah Shidnogo Lisostepu Ukrai'ny* [The influence of seeding rates on the chickpea performance in the Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Visn. Harkiv. nac. agrar. un-tuim. V. V. Dokuchajeva. Ser. Roslynnnyctvo, selekcija i nasynnyctvo, plodoovochivnyctvo*, 2, 293–295 (in Ukrainian).
19. Kalens'ka, S. M., Novyc'ka, N. V., & Netups'ka, I. T. (2012). *Formuvannja vrozhajnu nutu pid vplyvom elementiv tehnologii'* vyroshhuvannja [Formation of the chickpea yield under the influence of cultivation technology elements.]. *Visn. Poltav's'koj'derzh. agrar.*

Akad., 2, 21–25 (in Ukrainian). doi: 10.31210/visnyk2012.02.03.

20. Netups'ka, I. T. (2012). Vplyv peredposivnoi inokuljacii nasinnja nutu vym nitraginomtanorm dobryv n afotosyntetychnu produktyvnist posiviv nutu. [Influence of pre-sowing inoculation of chickpea seeds with nitragin and fertilizer rates on photosynthetic performance of chickpea crops]. Zbirnyk naukovykh prac Instytutu bioenergetychnykh kul'tur i cukrovych burjakiv, 14, 303–306. (in Ukrainian).

21. Ozalkan, C., Sepetoglu, H. T., Daur, I., & Sen, O. F. (2010). Relationship between some plant growth parameters and grain yield of chickpea (*Cicerarietinum* L.) during different growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*, 15, 79–83.

22. Chandakar, S., Sharma, A., & Thakur, D. K. (2015). Effect of chick pea (*Cicer arietinum* L.) varieties and weed management practices on quality parameters, nutrient content and up take by crop and weed. *J. Progressive Agri.*, 6, 29–31. doi: 10.15740/has/ijas/11.2/217–220.

23. Didur, I. M., & Temchenko, M. O. (2017). Vplyv inokuljantiv ta mikrodozobryv na gustotu stojannja ty vysotu roslyn nutu [Influence of inoculants and micro-fertilizers on the standing density and height of chickpea plants]. *Sil's'kegospodarstvotalisivnyctvo*, 6(1), 14–20 (in Ukrainian).

24. Karpenko, V. P., & Korobko, O. O. (2018). b. Vplyv biologich noaktyvnykh rečovyn na rostovi procesy roslyn nutu v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ny [Influence of biologically active substances on growth processes of chickpea plants under the conditions of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Podil's'kyjvisnyk: sil's'kegospodarstvo, tehnika, ekonomika*, 29, 18–21 (in Ukrainian).

25. Voropaj, Ju. V. (2019). Vplyv norm vysivu na sinnja ta sposobiv sivby na formuvannja ploshhi lystja roslyn nutu [Influence of seeding rates and methods of sowing on the formation of the area of leaves of chickpea plants]. *NaukovidopovidniNUBiPUkrai'ny*, 3–8 (in Ukrainian).

26. Melnyk, A., Akuaku, J., & Makarchuk, A. (2020). Influence of photosynthetic apparatus on the productivity of high-oleic sunflower depending on climatic conditions in the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science (BJAS)*, 4. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.agrojournal.org/26/26.html#3>

27. Bushuljan, O. V., & Sichkar, V. I. (2009) *Nut: genetyka, selekcija, nasinnyctvo, tehnologija vyroshhuvannja* : monografija [Chickpeas: genetics, selection, seed production, and cultivation technology]. Odesa, 248 (in Ukrainian).

28. Bushuljan, O. V. (2012). *Nut: Osoblyvosti nasinnyctva* [Chickpeas: Features of seed production.]. *Nasinnyctvo*, 10, 6–8 (in Ukrainian).

29. Lavrenko, N. M. (2015). Urozhajnist ta jakist zerna nutu zalezno vid tehnologichnykh pryjomiv vyroshhuvannja zariznykh umov zvolozhennja [Yield capacity and quality of chickpea seeds depending on the technological methods of cultivation under different conditions of moistening.]: avtoref. dys. ... kand. s.-g. nauk : spec. 06.01.02. DVNZ "Herson. derzh. agrar. un-t". Herson, 20 (in Ukrainian).

30. Kvitko, G. P., Myhal'chuk, D. P., & Karasevych, V. V. (2013). Perspektyvy vyroshhuvannja nutu posivnogo v umovah Lisostepu Ukrai'ny [Prospects for growing chickpeas in the Forest Steppe of Ukraine] *Kormy i kormovyrobnyctvo*, 75, 113–120 (in Ukrainian).

31. Lyhochvor, V. V., & Pushhak, V. I. (2018). a. Vplyv mineral'nykh dobryv na urozhajnist nutu v umovah Lisostepu Zahidnogo. [Influence of mineral fertilizers on chickpea yield under the conditions of the Western Forest Steppe.] *Materialynauk. Internet-konf. «Innovacijnietechnologii u roslynnyctvi»*, Kam'janec'-Podil's'kyj, 15 trav. 2018 r. Kam'janec'-Podil's'kyj, 100–102 (in Ukrainian).

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

**Romanko Yu. O.**, PhD (Agricultural Sciences), «Bayer», Kiev, Ukraine

**Brunov M. I.**, PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Sorokolit E. M.**, PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kubrak T. M.**, Master, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

## **GROWTH AND DEVELOPMENT OF CHICKPEAS UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTHEASTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE**

*Recent years in Ukraine have been particularly arid and hot, thus there is a steady prospect for growing more drought- and heat-resistant crops. Chickpeas are one of the most adapted crops for arid natural and climatic zones. The results of research on the response of modern varieties of chickpeas to growing conditions are presented. The research was conducted during 2019–2020 at TPC (training and practical center) of Sumy NAU.*

*According to the research results, under the conditions of the northeastern Forest Steppe of Ukraine, the variety of Skarb had the shortest growing period (93 days), and the variety of Jordan – the longest (110 days). Varieties of Pamyat, Odysey, Admiral, Argument, Budzhak, Triumph, and Krasen had a growing season from 101 to 104 days. The varieties of Odysey and Triumph form significantly higher plants (52.4–53.3 cm). The variety of Skarb had the lowest height (42.7 cm). The height of the attachment of the lower bean in all studied varieties met the requirements for this trait, which ranged from 17.5 to 22.5 cm. It is worth noting the highest number of branches of the first order in varieties of Krasen (4.5 pcs.), a bit result value was shown by the varieties of Admiral (3.7 pcs.), Pamyat (3.5 pcs.), and Triumph (3.1 pcs.). An important component of the formation of the vegetative sphere of plants, and then the productive organs of flowers and fruits, are the branches of the third order. Besides, the maximum number of branches of the third order (2.8 pieces) was obtained in the varieties of Odysey and Budzhak.*

*The maximum number of leaves was counted in the variety of Krasen (93.8 pcs.) and the minimum – in varieties of Pamyat (58.4 pcs.) and Jordan (61.1 pcs.). The rest of the varieties had the number of leaves within the group average (68.8 pieces). A similar trend was observed in the leaf surface area. Thus, the leader was the variety of Krasen (37.8 thousand m<sup>2</sup>/ha) and the variety Pamyat*

was the outsider (27.8 thousand  $m^2$  / ha). In the vast majority of varieties, the indicator was within the group average value (33.6 thousand  $m^2$ /ha), in particular, Skarb (34.6 thousand  $m^2$  / ha), Jordan (32.9  $m^2$  / ha), Odysey thousand  $m^2$ /ha), Argument (34.1 thousand  $m^2$ /ha), Admiral (32.6 thousand  $m^2$ /ha), Budzhak (33.1 thousand  $m^2$ /ha), and Triumph (34.6 thousand  $m^2$  / ha). The results of the correlation analysis revealed a close direct ( $r = 0.88$ ) relationship between the number of leaves and the leaf surface area. The maximum content of chlorophyll was found in the variety of Pamyat (60.5), slightly less – in the varieties of Jordan (58.1), Budzhak (57.2), and Admiral (57.1). The variety of Krasen was characterized by the minimum value of chlorophyll content (51.1). It should be noted that there is an inversely proportional relationship between the chlorophyll content and the number of leaves (-0.80) and the leaf surface area (-0.90).

The research results show that under the conditions of the northeastern Forest Steppe of Ukraine (Sumy region), the chickpea varieties of Argument, Budzhak, Odysey, Skarb, and Triumph form the optimal parameters of the assimilation surface of sowing. In the future, these varietal characteristics will ensure the highest grain yield during the growing season of 93–103 days.

**Key words:** chickpeas, growing period, morphological parameters, leaf surface area, phytomass.

Дата надходження до редакції: 29.08.2019 р.

## ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ БЕККРОСОВАНОГО НАСІННЯ КАРТОПЛІ РІЗНОГО СТРОКУ ЗБЕРІГАННЯ ПІД ВПЛИВОМ Ю-НІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ

**Подгасцький Анатолій Адамович**

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-2130-8835  
podgaje@ukr.net

**Кравченко Наталія Володимирівна**

доктор сільськогосподарських наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-4190-0924  
kravchenko\_5@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

**Ставицький Андрій Анатолійович**

кандидат сільськогосподарських наук, директор  
Охтирський коледж Сумського НАУ, м. Охтирка, Україна  
ORCID: 0000-0001-8580-5366  
andrey.stavitskiy@ukr.net

*У статті наведені результати дослідження з поєднання використання двох методів: віддаленої гібридизації картоплі та радіаційного опромінення, їх впливу на життєздатність насіння: енергії проростання та подальшої схожості. Вихідним матеріалом у дослідженні використане насіння від беккросування складних міжвидових гібридів (трьох-шестивидових) з різними запилювачами як на останньому етапі, так і попередніх. Сухе насіння обробляли  $\gamma$ -променями, джерелом яких був  $^{60}\text{Co}$  на установці «Teratron Elit-80» в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Іntenсивність опромінення 7442 Ки. Використані такі варіанти: контроль, дози: 100, 150 і 200 Гр. Інші методики загальноприйняті в картоплярстві.*

*Встановлено, що насіння, яке зберігалось за кімнатних умов три роки (посів 2014 року) позитивно реагувало на опромінення. Для реалізації енергії проростання (перші чотири доби), проростання впродовж 5–9 доби та всього порослого насіння найкращим виявився варіант з дозою 200 Гр, що перевищувало контроль, відповідно, в 1,7; 1,9 і 1,8 рази. Значно гірші результати (близько третини) отримані у варіантах 100 і 150 Гр. Аналогічний вплив мало опромінення насіння річної давності (посів 2015 року), проте за енергією проростання воно поступалось згаданому раніше, навіть, у контролі у 12,6 разів, хоча за часткою порослого насіння на 5–9 добу різниця виявилась невеликою – 2,1 рази.*

*Доведений вплив на проростання насіння, різного за походженням в контролі. Серед насіння трирічної давності оптимальний вплив його походження та опромінення радіоактивним кобальтом виявлений у комбінації 91.318-6 x Світанок київський з енергією проростання 7,0 %, схожістю за 5–9 добу – 18,7 % і загальна схожість – 25,7 %. Серед п'яти популяцій річної давності це насіння, відповідно, складало щодо першого і третього показника 91,4 % і 97,9 %.*

*Доведений взаємний вплив на енергію проростання доз опромінення, походження та строків зберігання насіння. За загальною кількістю порослого насіння позитивний вплив радіаційного опромінення, порівняно з контролем, у 13 популяціях та їх варіантах виявлена стимулююча дія після трирічного зберігання. Значно гірший вплив радіаційного опромінення на загальне проростання виявлений за використання свіжого насіння. Тільки у чотирьох популяціях і варіантах виявлений його позитивний вплив на процес проростання.*

**Ключові слова:** картопля, гібридне насіння, дози радіаційного опромінення, енергія проростання, життєздатність насіння, лабораторна схожість, комбінації схрещування, вік насіння.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.6>

**Вступ.** Радіаційне опромінення широко використовується у наукових та виробничих цілях для численних сільськогосподарських культур. Умовно його вплив на біологічні об'єкти можна розділити: для використання з метою отримання генетичних змін та для стимулювання або гальмування проходження окремих процесів.

Одним з чинників еволюції є мутаційна мінливість, яка не залежить від перекомбінування спадковості у процесі гібридизації. Водночас, хоча у природі її частота є низькою, учені привернули велику увагу до цієї проблеми. Перші дослідження з використанням променів Рентгена та гамма-променів для зміни спадковості розпочаті на початку ХХ століття:

з колорадським жуком (Tower, 1906), кукурудзою (Blaringhem, 1908) та іншими біологічними об'єктами. Водночас, серед учених не було впевненості, що хромосомні зміни відбувались лише завдяки опроміненню. Теоретичне обґрунтування та практична цінність радіоактивного опромінення вперше виявлена в грибів Г. А. Надсоном та Г. С. Філіппов (Nadson, 1935; Nadson & Filippov, 1925). Після цього в селекції численних культур стало широко використовуватись радіаційне опромінення. У пшениці це стосувалось Л. М. Делоне (Delone, 1932, 1957) та А. А. Сапегіна (Sapegin, 1935). У картоплі перші дослідження у цьому напрямі провели Т. В. Асеєва і М. Благовидова (Asseyeva & Blagovidova, 1935).

Незважаючи на те, що в картоплі застосування радіаційного мутагенезу у селекційних цілях започатковане відносно давно, до останнього часу з його участю створено лише сім сортів (Zia et al., 2018). Проте, з використанням методу вдалося створити цінний вихідний селекційний матеріал. Доведена різна реакція генів на радіаційне опромінення. У картоплі відносно легко можна досягти зміни забарвлення бульб і глибини вічок (Singh, 1970), підвищити стійкість до високої температури, змінити вміст глікоалкалоїдів, підвищити врожайність (Zia et al., 2018). Селекційне застосування радіаційного опромінення дозволило у відносно короткий строк одержати найрізноманітніший матеріал, у тому числі такий, який відсутній у природі, а тому недоступний для створення сортів сільськогосподарських культур. Висока ефективність методу підтвердилась виведенням більше 3000 сортів з його використанням (Mohanjain, 2012).

Перспективність використання радіаційного опромінення доведена також в інших напрямках. Воно широко використовується у процесі захисту від поширення хвороб і шкідників (Iman et al., 2008), особливо під час зберігання сільськогосподарської продукції, а також гальмування життєвих процесів, які проходять із зібраним урожаєм у цей період (Avdyukhina et al., 2016). Зокрема, це стосується продукції, яка швидко псується або втрачає свій товарний вид, наприклад картоплі (Rezaee et al., 2011). Дуже широко у сільськогосподарському виробництві використовується радіаційне опромінення насіння (Marcu et al., 2013; Toni et al., 2013). З метою автоматизації цього процесу, сконструйовані спеціальні пересувні гамма-установки. Поширення методу дозволило виділити новий напрям діяльності, що охоплює радіаційно-біологічні технології (РБТ). Необхідно відзначити, що використання радіаційного опромінення у цьому напрямі не повинно впливати на спадковість сортів, гібридів, адже вони, за можливості, повинні бути ідентичними.

Останнім часом у наукових дослідженнях для вирішення складних проблем стали широко використовувати поєднання методів, кожен з яких характеризується своїми особливостями. У цьому відношенні виконані глибокі та всебічні дослідження з ячменем шляхом поєднання мутаційної та комбінаційної мінливості, що досягалося опроміненням гібридного насіння (Kozachenko, 2010).

У картоплі позитивні результати одержані від поєднання радіаційного опромінення та вирощування рослин *in vitro* (Souleymane Bado et al., 2016). У таких умовах вдалося розширити варіабельність досліджуваного матеріалу, прискорити ідентифікацію мутантних форм та отримати рослини, вільні від інфекції (UluKarı & Nasircılae, 2015). В результаті

радіаційного опромінення пробіркових рослин картоплі отримані солестійкі зразки (Yaucılı & Alicamanoglu, 2012; El-Hetawy et al., 2018). Використовуючи методи, вдалося збільшити соматональну мінливість у сорту Дезіре, в результаті чого зросла висота рослин, збільшилась кількість вузлів, середня кількість бульб. Водночас, у сорту Діамант реакція на застосування методів виявилась дещо гіршою (Afrasiab & Iqbal, 2010). Визначали різний рівень радіаційного опромінення на живці без листків, з листками, мікробульби *in vitro* в межах 5–30 Гр. Встановлено, що найбільш стійкими до опромінення виявились останні (Souleymane Bado et al., 2016). Позитивний вплив на ріст пробіркових рослин, розвиток, урожайність мало радіаційне опромінення дозами 5 і 10 Гр (Sherin et al., 2012).

Метою наших досліджень було отримати результати від поєднання методів міжвидової гібридизації та радіаційного мутагенезу як найбільш перспективних у селекції картоплі.

**Матеріали і методи досліджень.** Вихідним матеріалом у дослідженні використане гібридне насіння від бекросування раніше отриманих зразків (Podhaietskyi, 2004, 2017). Материнськими формами були міжвидові гібриди – 81.397с50 з походженням 77.277/3 (міжсортний гібрид)  $\times$   $\{ \{ \{ (S. \text{acaule} \times S. \text{bulbocastanum}) \times S. \text{phureja} \} \times S. \text{demissum} \} \times S. \text{andigenum} /$ , сорт міжвидового походження Щедрик – B<sup>2</sup>  $S. \text{tuberosum} \times \{ \{ \{ (S. \text{acaule} \times S. \text{bulbocastanum}) \times S. \text{phureja} \} \times S. \text{demissum} \} \times S. \text{andigenum} /$ , 90.673/48<sup>3</sup>– B<sup>3</sup>  $(S. \text{demissum} \times S. \text{bulbocastanum}) \times S. \text{tuberosum}$ , 91.318-6 – B<sup>1</sup>F<sub>2</sub>  $S. \text{tuberosum} \times \{ \{ \{ (S. \text{acaule} \times S. \text{bulbocastanum}) \times S. \text{phureja} \} \times S. \text{demissum} \} \times S. \text{andigenum} /$ , 89.24с34 – міжвидовий гібрид (B<sup>2</sup>)  $\times$  міжвидовий гібрид (B<sup>2</sup>) у схемах схрещування насіння, яке витримувалося у кімнатних умовах три роки, а також: 10.6Г38 – B<sup>4</sup>  $\{ \{ \{ (S. \text{acaule} \times S. \text{bulbocastanum}) \times S. \text{phureja} \} \times S. \text{demissum} \} \times S. \text{andigenum} / \times S. \text{tuberosum}$ , 08.195/73 – B<sup>3</sup> багатовидовий гібрид  $\times$  багатовидовий гібрид.

Для визначення дії на сухе гібридне насіння гамма-променів, джерелом яких був <sup>60</sup>Co, його обробляли на установці "Theratron Elit-80" в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Інтенсивність випромінювача 7442 Ки. Доза опромінення 100 Гр (другий варіант), 150 (третій) і 200 (четвертий). Контролем (перший варіант) слугувало необроблене насіння.

В процесі пророщування насіння кожен варіант розміщували в окремій чашці Петрі, нижню і верхню частину якої покривали зволоженим фільтрувальним папером. Визначали енергію проростання (кількість пророслого насіння за чотири доби) та схожість на 9-у добу після закладання насіння на пророщування (Zhatova, 2009). Наклонує насіння перенесли для подальшого росту у посівні ящики із сумішшю: 1 частина дернової землі, 1 частина піску і 1 частина перегною. Спостерігали за відхиленнями, які мали місце у процесі проростання та вирощування рослин у посівних ящиках.

**Результати.** В обидва роки використане гібридне насіння від бекросування різних за складністю міжвидових гібридів. Воно відрізнялось за строками зберігання, відповідно, три і один рік, чим і пояснюється різна енергія проростання залежно від варіантів опромінення.

У насінні, яке витримували у кімнатних умовах впродовж трьох років, виявлений значно нижчий прояв показника, ніж з однорічним зберіганням (у 13,2 раз: 72,0 проти 5,7 %). У 2014 році використання опромінення позитивно вплинуло на



енергію проростання насіння всіх варіантів, хоча відмінність

між застосуванням 100 і 150 Гр та контролем виявилась незначною (табл. 1).

Таблиця 1

Проростання гібридного насіння картоплі залежно від дози гамма-опромінення, 2014, 2015 рр.

№ з/п	Варіант	Намочено у чашках Петрі, шт.	Частка (%) насіння, яке проросло, за діб		Всього проросло, %
			1–4	5–9	
<b>2014 р.</b>					
1	Контроль	2855	5,7	10,0	15,7
2	Опромінення 100 Гр	2855	6,1	12,9	19,0
3	Опромінення 150 Гр	2855	6,0	12,2	18,2
4	Опромінення 200 Гр	2855	9,7	19,1	28,8
<b>2015 р.</b>					
1	Контроль	1811	72,0	11,1	83,1
2	Опромінення 100 Гр	1811	45,5	7,5	53,0
3	Опромінення 150 Гр	1811	75,2	5,5	80,7
4	Опромінення 200 Гр	1811	83,2	10,2	93,4

Дещо інше мало місце в 2015 році. За значно нижчим стимулюючим впливом на прояв показника виділився варіант з дозою 100 Гр, що поступалось контролю у 1,6 раз. Водночас, у інших варіантах опромінення одержані вищі результати не лише, ніж у 2014 році, але й в контролі. Особливо це стосувалось дози опромінення 200 Гр.

За оцінкою лабораторної схожості насіння – на 5–9 добу після його намочування у 2014 році виявлено позитивний вплив на життєздатність насіння використання радіаційного опромінування. Як і стосовно енергії проростання максимальну різницю з контролем мав варіант з дозою 200 Гр – 1,9 рази.

Протилежне викладеному спостерігалось у 2015 році. В усіх варіантах частка пророслого насіння на 5–9 добу пророщування була меншою, ніж у контролі. Водночас, мінімальне значення показника спостерігалось після опромінення дозою 150 Гр. Аналогічне стосувалось всього пророслого насіння, проте за винятком варіанту з опроміненням в 200 Гр.

Встановлено стимулюючий вплив на проростання гібридного насіння, яке зберігалось три роки, будь-якої дози радіаційного опромінення. Водночас, найвищий ефект отримано за використання дози 200 Гр, що за загальною часткою пророслого насіння в 1,8 разів перевищило значення показника у контролі.

Дещо інші результати отримані у 2015 році. Тільки у варіанті з опроміненням у 200 Гр мало місце перевищення контролю на 10,3 %. Протилежне стосувалось дози опромінення у 100 Гр, що особливо негативно вплинуло на проростання насіння.

Виявлена специфічність реакції на проростання насіння його походження (табл. 2). Порівнюючи дані, отримані в контролі у 2014 році, можна зробити висновок, що генетично обумовлена максимальна енергія проростання властива насінню комбінації 91.318-6 х Світанок київський – 7,0 %. Невеликою мірою – на 0,6 % поступалась їй з походженням 90.673/48 х Калинівська.

Таблиця 2

Вплив на проростання насіння його походження в контролі (2014, 2015 рр.)

№ з/п	Варіант	Намочено в чашках Петрі, шт.	Частка (%) насіння, яке проросло, за діб		Всього проросло, %
			1–4	5–9	
<b>2014 р.</b>					
1	91.318-6 х Світанок київський	300	7,0	18,7	25,7
2	89.24с34 х Калинівська	340	3,5	6,8	10,3
3	Щедрик х Струмок	405	5,4	12,4	16,8
4	81.397с50 х Барбара	550	2,4	4,6	7,0
5	89.141с193 х Верді	620	5,3	10,8	16,1
6	90.673/48 х Калинівська	640	6,4	10,0	16,4
<b>2015 р.</b>					
1	10.6Г38 х Летана	350	65,2	9,1	74,3
2	08.195/73 х Межирічка	314	76,4	16,6	93,0
3	08.195/73 х Подолія	430	78,4	7,0	85,4
4	08.195/73 х Летана	379	49,9	17,4	67,3
5	10.6Г38 х Тирас	338	91,4	6,5	97,9

Стосовно першої популяції, максимальні дані отримані також за схожості насіння впродовж 5–9 діб, а різниця з комбінацією, що характеризувалась мінімальним проявом показника – 81.397с50 х Барбара становила 4,1 рази. Це значно вище, ніж за енергією проростання – 2,9 рази. У середньому відмінність за схожістю насіння між згаданими популяціями складала 3,7 разів.

Значно інше мало місце за використання свіжого

насіння в 2015 році. За енергією проростання виділилась популяція 10.6Г38 х Тирас з величиною показника 91,4 %. Протилежне стосувалось комбінації з походженням 08.195/73 х Летана – 49,9 %, що менше, ніж у згаданій в 1,8 разів.

Протилежні дані у комбінації отримані стосовно проростання насіння на 5–9 добу. Завдяки невикористаному запасу життєздатності насіння у перші чотири доби схожість його в популяції 08.195/73 х Летана перевищила раніше зга-

дану –10.6Г38 х Тирас у 2,7 рази. Незважаючи на останнє, загальна частка пророслого насіння в комбінації 10.6Г38 х Тирас виявилась у 1,5 разів більшою, ніж з походженням 08.195/73 х Летана.

Серед матеріалу, який досліджували в 2014 році, порівняти можна лише популяції з однаковим запилювачем сортом Калинівська та материнськими формами беккросами 89.24с34 і 90.673/48. Отримані дані свідчать про кращу збалансованість спадковості з точки зору енергії проростання насіння за використання компонентом схрещування останню материнську форму. Різниця становила 1,8 рази.

За часткою насіння, яке проросло за проміжок часу 5–9 днів, різниця між популяціями, порівняно із згаданим, дещо зменшилась, і була 1,5 рази. Викладене незначною мірою вплинуло на загальну кількість пророслого насіння, а тому відмінність між ними виявилась досить значною – 1,6 рази.

Більші можливості виявлення впливу компонентів схрещування на проростання насіння у контролі мали місце за аналізу даних 2015 року. Аналіз енергії проростання у популяції з однаковою материнською формою беккросом 10.6Г38 засвідчив, що кращим запилювачем для нього виявився сорт Тирас, порівняно з сортом Летана. Різниця в прояві показника становила 1,4 рази.

Дещо інше мало місце серед трьох комбінацій за

участю материнською формою беккроса 08.195/73. Дуже близьке значення енергії проростання проявило насіння, де запилювачами були сорти Межирічка і Подолія. Протилежно стосувалось сорту Летана. Крім цього, співставляючи дані популяції 10.6Г38 х Летана і 08.195/73 х Летана, можна зробити висновок про гірший взаємний вплив на прояв показника спадковості компонентів схрещування останньої, ніж у першій з них.

Серед насіння контролю, закладеного на пророщування у 2014 році, у чотирьох популяціях за період 5–9 днів схожість становила 10,0 % і більше, що також перевищило величину енергії проростання. Вважаємо, саме останнім можна пояснити пролонгованість процесу. Протилежно стосувалось проростання насіння на 5–9 добу, отриманого за рік до посіву. Тільки в двох комбінаціях величина показника була більшою, ніж 10,0 %. Незважаючи на низьку енергію проростання гібридного насіння контролю у популяції 08.195/73 х Летана, схожість у неї на 5–9 добу виявилась найвищою.

Встановлена специфічна реакція гібридного насіння, отриманого три роки тому, на дози опромінення за енергією проростання (рис. 1). Наведена різниця прояву показника, порівняно до контролю у популяціях.

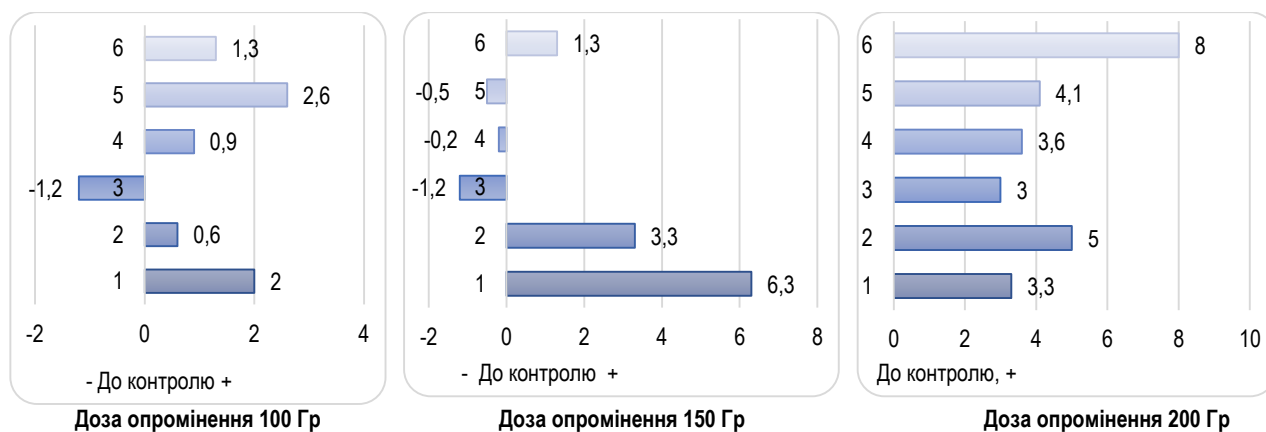


Рис. 1. Різниця з контролем енергії проростання насіння залежно від доз опромінення, 2014 р.

Примітка: номери комбінацій аналогічні наведеним у таблиці 2.

За використання дози 100 Гр найбільша відмінність з контролем мала місце у популяції 89.141с193 х Верді – 2,6 %. Невеликою мірою поступалась їй з походженням 91.318-6 х Світанок київський (на 0,6 %). Порівняно з контролем, одержані дані за енергією проростання у комбінації Щедрик (міжвидовий гібрид) х Струмок виявились на 1,2 % меншими.

Встановлений специфічний вплив на енергію проростання гібридного насіння опромінення дозою 150 Гр. Лише в половини популяцій відмічений стимулюючий вплив обробки насіння на прояв показника. Особливо у цьому відношенні виділилась популяція 91.318-6 х Світанок київський, у якій різниця з контролем становила 6,3 %, або 1,9 рази. У інших двох з позитивною реакцією на захід різниця з контролем виявилась значно меншою.

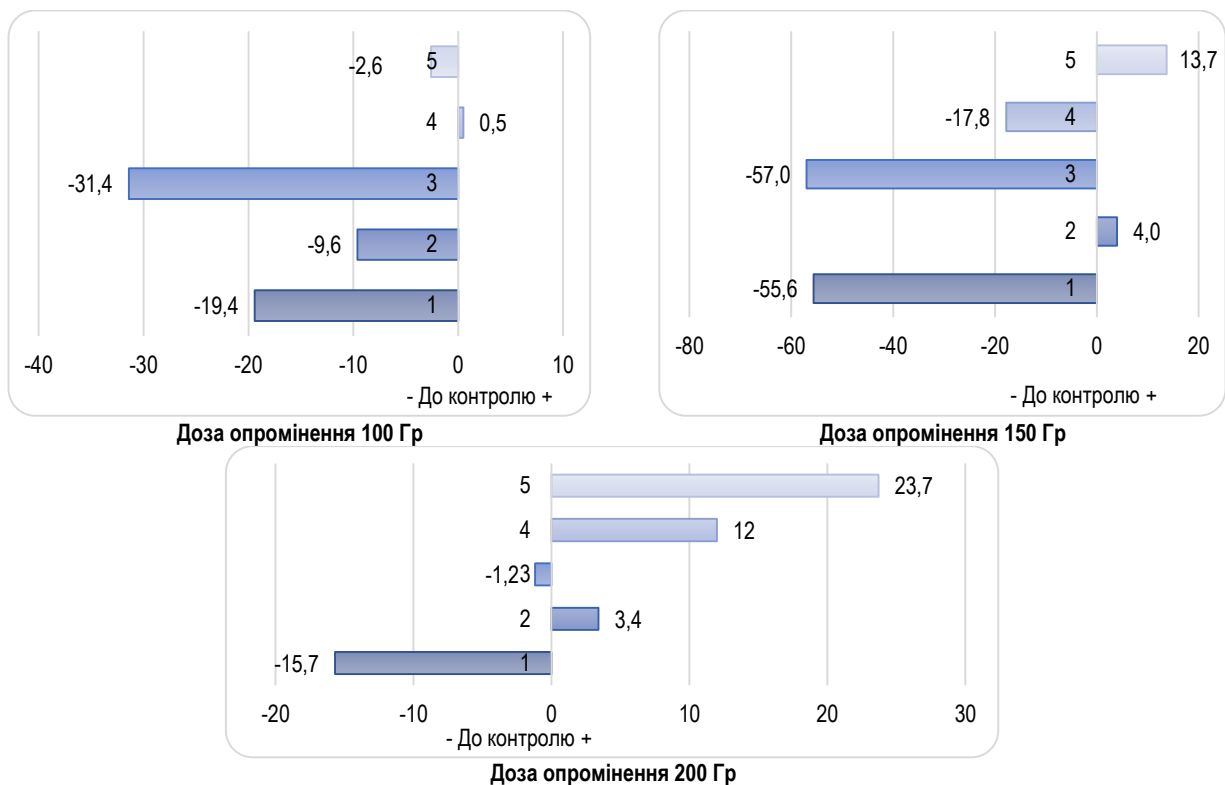
Найбільший депресивний вплив дози опромінення 150 Гр на енергію проростання насіння мав місце в популяції Щедрик х Струмок – 1,2 %, або 2,3 рази. Значно меншою мірою викладене стосувалось комбінацій 81.397с50 х Барбара і 89.141с193 х Верді.

На відміну від попередньо викладеного, в усіх

комбінаціях виявлений позитивний вплив на енергію проростання опромінення дозою 200 Гр. Близька різниця з контролем – 3,0–4,1 % мала місце у популяціях 91.318-6 х Світанок київський, Щедрик х Струмок, 81.397с50 х Барбара і 89.141с193 х Верді. Найвищий прояв стимулюючої дії опромінення на прояв показника відмічено у комбінації 90.673/48 х Калинівська – на 8,0 %, або в 2,3 рази, порівняно з контролем, хоча за інших двох доз опромінення цього не спостерігалось.

Підрахунок середніх значень комбінацій свідчить про найменшу різницю з контролем у популяції 81.397с50 х Барбара – 1,1 %, а найбільшу з походженням 91.318-6 х Світанок київський – 2,9 %.

Значно інше щодо енергії проростання опроміненого насіння, порівняно з контролем, мало місце в 2015 році (рис. 2). За винятком популяції 08.195/73 х Летана опромінення дозою 100 Гр негативно відбилось на енергії проростання насіння. Крім цього, стимулююча дія у згаданій комбінації також була дуже малою.



**Рис. 2.** Різниця з контролем енергії проростання насіння залежно від доз опромінення, 2015 р.  
Примітка: номери комбінацій аналогічні наведеним у таблиці 2.

Специфічний взаємний вплив спадковості та використання радіаційного опромінення виявлений за дози 150 Гр. У цьому варіанті тільки в двох популяціях мала місце стимулююча дія на енергію проростання насіння, причому у комбінації 10.6Г38 х Летана перевищення контролю становило 13,7 %.

Ще кращі результати отримані за використання дози опромінення 200 Гр. У трьох популяціях виявлений стимулюючий ефект дози на енергію проростання насіння. Особливо виділилась у цьому відношенні потомство з походженням 10.6Г38 х Летана, у якої мав місце найвищий стимулюючий вплив у досліді.

Тільки в одній комбінації 08.195/73 х Летана у кожному з варіантів опромінення отримані позитивні результати,

хоча з невеликим абсолютним значенням різниці з контролем. У популяції 10.6Г38 х Летана це стосувалось двох варіантів: 150 і 200 Гр.

Опромінення насіння в 2014 і 2015 роках по-різному відбулось на відмінностях з контролем за обліком впродовж 5–9 діб та всього пророслого насіння (табл. 3). Після трирічного зберігання частка пророслого насіння за проміжок 5–9 діб у варіанті з дозою 100 Гр була більшою, ніж у контролі у чотирьох комбінаціях, хоча відмінність між ними виявилась невеликою. Аналогічне стосувалось всього пророслого насіння, проте із значно більшою різницею між популяціями, які позитивно реагували на опромінення: від + 1,2 до + 9,4 %.

**Таблиця 3**

Різниця з контролем за проростанням насіння на 5–9 добу після намочування та всього залежно від походження та доз опромінення

Комбінація схрещування	Доза опромінення, Гр	Різниця з контролем (%)	
		за 5–9 добу	пророслого, всього
2014 р.			
91.318-6 х Світанок київський	100	-2,4	-0,4
89.24с34 х Калинівська	100	+0,6	+1,2
Щедрик х Струмок	100	-1,2	-1,4
81.397с50 х Барбара	100	+0,9	+2,9
89.141с193 х Верді	100	+2,6	+9,4
90.673/48 х Калинівська	100	+1,3	+7,2
91.318-6 х Світанок київський	150	+11,0	+17,3
89.24с34 х Калинівська	150	+4,7	+8,0
Щедрик х Струмок	150	-4,2	-5,4
81.397с50 х Барбара	150	-0,2	-0,4
89.141с193 х Верді	150	-1,1	-1,6
90.673/48 х Калинівська	150	+5,9	+7,6
91.318-6 х Світанок київський	200	+1,0	+5,7

Комбінація схрещування	Доза опромінення, Гр	Різниця з контролем (%)	
		за 5–9 добу	пророслого, всього
89.24с34 х Калинівська	200	+7,3	+12,3
Шедрик х Струмок	200	+1,4	+4,4
81.397с50 х Барбара	200	+8,0	+11,6
89.141с193 х Верді	200	+11,1	+15,2
90.673/48 х Калинівська	200	+17,5	+25,9
2015 р.			
10.6 Г 38 х Летана	100	-2,0	-21,4
08.195/73 х Межирічка	100	-5,4	-15,0
08.195/73 х Подолія	100	-7,0	-38,4
08.195/73 х Летана	100	-2,9	-2,4
10.6 Г 38 х Тирас	100	-0,6	-3,2
10.6 Г 38 х Летана	150	-4,5	+9,1
08.195/73 х Межирічка	150	-3,9	-21,7
08.195/73 х Подолія	150	-4,2	-61,2
08.195/73 х Летана	150	-9,0	-5,0
10.6 Г 38 х Тирас	150	-2,9	-58,5
10.6 Г 38 х Летана	200	+0,3	+24,0
08.195/73 х Межирічка	200	-6,7	+1,3
08.195/73 х Подолія	200	+1,1	0,0
08.195/73 х Летана	200	0,0	+3,2
10.6 Г 38 х Тирас	200	+9,2	-6,5

Менший позитивний вплив, ніж за згаданої дози, мала місце обробка насіння дозою 150 Гр. Тільки в половини популяцій виявлений стимулюючий вплив як на проростання впродовж 5–9 діб, так і загальної частки пророслого насіння. Водночас, різниця з контролем була більшою на відповідно 4,7–11,0 та 7,6–17,3 %.

Найвищий позитивний ефект отримано за обробки насіння дозою 200 Гр. Не виділено жодної комбінації з від'ємною різницею, порівняно з контролем. Максимальне значення її також було більшим, ніж у інших двох варіантах: 17,5 % за обліками на 5–9 добу та 25,9 % від всього пророслого насіння. Обидва показники стосувались популяції 90.673/48 х Калинівська.

Порівняно з викладеним вище, інші результати отримані за опромінення свіжого насіння. У жодної комбінації не виявлено стимулюючого впливу радіаційного опромінення дозами 100 і 150 Гр як на різницю з контролем за часткою пророслого насіння у період 5–9 діб, так і за весь час закладання дослідів. Виняток склала популяція 10.6Г38 х Летана у варіанті з дозою 150 Гр і стосовно всього пророслого насіння.

Інше встановлено у варіанті з дозою опромінення 200 Гр. У трьох комбінацій з п'яти виявлений стимулюючий вплив на проростання насіння впродовж 5–9 діб, а в одній (08.195/73 х Летана) не відмічено різниці з контролем. Максимальною вона була у популяції 10.6Г38 х Тирас – 9,2 %.

Деяко інше стосувалось частки всього пророслого насіння. Хоча, порівняно до контролю, додатне значення різниці мало місце у трьох комбінаціях, а в одній отримані тожні дані, але викладене стосувалось насіння з іншим походженням, ніж згадувалось. Винятком була тільки популяція 10.6Г38 х Летана, у якої позитивний вплив опромінення на проростання насіння спостерігався як впродовж 5–9 діб, так і всього періоду. Різниця з контролем у неї становила 24,0 %, що виявилось найвищим для 2015 року.

**Обговорення.** Тільки використання радіаційного опромінення насіння дозволяє об'єднати рекомбінацію спадковості у процесі його отримання та виявити специфічність реакції різних доз опромінення на проростання насіння. Крім

цього, порівняно з бульбами, ботаничне насіння картоплі має невеликі розміри. Маса однієї насінини становить близько 0,6 мг (Podhaietskiy, 2002), що значно знижує витрати на перевезення матеріалу.

Хоча насіння картоплі і можна зберігати тривалий час, проте, навіть, незначні порушення дотримання оптимальних умов цього процесу значно знижує його життєздатність. Для покращення ситуації застосовуються різні стимулятори, біотехнологічні методи (Podhaietskiy, 1991) тощо.

У дослідженнях Н. Lopez-Mendoza разом із колегами (Lopez-Mendoza et al., 2012) з *Capsicum annuum* L. варіантами опромінення насіння були 20, 40, 60, 80, 100 і 120 Гр. Виявлений у нашій роботі вплив на енергію проростання, життєздатність насіння різних доз опромінення, походження його підтвердилось іншими дослідниками (Komolprasert & Morehouse, 2004).

Виявлення оптимальних доз радіаційного опромінення насіння залежить від біологічних особливостей культур. Наприклад, у соняшника стимулюючими виявились 100 і 200 Гр (Diaz et al., 2018). Для насіння кукурудзи великі дози (більше 500 Гр) негативно впливали на його проростання (Marcu et al., 2013). У наших дослідженнях виявлена специфічна реакція походження насіння на дози опромінення, а також період зберігання.

**Висновки.** Доведено, що енергія проростання гібридного насіння, продовження цього процесу до 5–9 діб реалізується від численних причин: строків зберігання насіння, доз опромінення та взаємозв'язку із його спадковістю. Виявлено, що використання насіння з тривалим періодом зберігання дозволило поліпшити його енергію проростання, наступне проростання під впливом радіаційного опромінення, особливо дозою 200 Гр, що дозволило, порівняно з контролем, отримати всього пророслого насіння на 13,1 %. Залучення у дослідження насіння однорічної давності не стимулювалось до життєздатності дозами 100 і 150 Гр, хоча різниця між контролем і варіантом з 200 Гр дозволила збільшити частку всього пророслого насіння на

10,3 %. Виявлений специфічний вплив біологічних особливостей компонентів схрещування на проростання насіння в контролі. З шести комбінацій, насіння яких зберігалось три роки, найбільше проростків отримано в комбінації 91.318-6 х Світанок ківський 25,7 %, що в 3,7 разів більше, порівняно з популяцією 81.397с50 х Барбара. Ще більший вплив на проростання насіння в контролі виявлений за використання минулорічного насіння. Найвищий прояв показника мав місце в комбінації 10.6Г38 х Тирас – 97,9 %, що виявилось краще, ніж використання запилювачем сорту Летана на 23,6 %. Для материнської форми беккреса 08.195/73 найкращим запилювачем виявився сорт Межирічка, а найгіршим з трьох – сорт Летана з різницею у вираженні показника 26,3 %.

Доведений вплив на енергію проростання гібридного насіння взаємного впливу доз опромінення та походження матеріалу. Для насіння, яке зберігалось три роки, в усіх шести комбінаціях виявлений стимулюючий вплив на процес проростання дози опромінення 200 Гр. Найбільша різниця з контролем була в комбінації 90.673/48 х Калинівська – 8,0 %. Водночас, мінімальне значення показника відмічено у популяції Щедрик х Струмок – 3,0 %. На використання доз 100 або 150 Гр комбінації реагували по-різному, аж до інгібуруючого

впливу. Виявлений специфічний вплив на енергію проростання гібридного насіння обробки, одержаного у минулому році. У кожному з варіантів обробки виявлені комбінації з меншим, або більшим вираженням показника, хоча за використання дози 100 Гр позитивний ефект отриманий лише у комбінації 08.195/73 х Летана, 150 Гр – 10.6Г38 х Тирас та 08.195/73 х Межирічка, а за 200 Гр – 10.6Г38 х Тирас, 08.195/73 х Летана і 08.195/73 х Межирічка. Доведено, що насіння, які тривалий час зберігалось (як мінімум три роки) можна, порівняно з контролем, продовжити його проростання до 5–9 діб, а також збільшити загальну кількість пророслого. Незалежно від специфічності комбінацій це вдалось зробити, опромінюючи насіння дозою 200 Гр. Ще у двох варіантах: 100 і 150 Гр половина і більша половини комбінацій, відповідно, мали згадану характеристику. У свіжого насіння за використання дози 200 Гр у половини популяцій були вищі результати, ніж у контролі, а в однієї отримані ідентичні дані, хоча за часткою насіння, яке проросло за 5-добу та всього пророслого однаковою реакція мало лише потомства 10.6Г38 х Летана.

#### Бібліографічні посилання:

1. Tower, W. Z. (1906). An investigation of evolution in Chrysomelid Beetles of the genus *Leptinotarsa*. Gagnegie Institution of Waachington, 48, 8.
2. Blaringhem, L. (1908). Mutation of traumatismas. Etude aur Levolution desformes vegetales. Paris, 15.
3. Nadson, G. A. (1935). Jeksperimental'noe izmenenie nasledstvennyh svojstv mikroorganizmov [Experimental change in the hereditary properties of microorganisms], Moskva
4. Nadson, G. A., & Filippov, G. S. (1925). O vlijanii rentgenovyh luchej na polovoj process i obrazovanie mutantov u nizshih gribov [On the influence of X-rays on the sexual process and the formation of mutants in lower fungi]. Vestn. rentgenologii i radiologii, 3(6), 305–310.
5. Delone, L. N. (1932). Rentgenomutacii u pshenicy [X-ray mutations in wheat]. Trudy laboratorii genetiki AN SSSR, 9, 173–180 (in Russian).
6. Delone, L. N. (1957). O metode radiacionnoj selekcii [About the method of radiation selection]. Selekcija i semenovodstvo, 4, 23–27 (in Russian).
7. Sapegin, A. A. (1935). Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii [Works on applied botany, genetics and breeding]. T. 11, Moskva, VASHNIL, 11.
8. Asseyeva, T. & Blagovidova, M. (1935). Artificialmutationin the potato. Bull. Appl. Bot. Genetic sand Plant Breed, 15, 81–85.
9. Zia, M. A. B., Bakhsh, A., & Caliskan, M. E. (2018). Mutation breeding in potato: Endeavors and Challengis. The J. Anim. Plant. Sci., 28(1), 286–295.
10. Singh, U. (1970). Radiation induced hooded eye mutants in potato. Sci. Cult., 36, 609–610.
11. Mohanjain, S. (2012). Mutagenesis in crop improvement under the climate change. Romanian Biotechnological Lettes, 15(2), 88–106.
12. Iman, M., Haiba Mona, F., & Abd-El, A. (2008). Biochemical effect of potato irradiation on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (*Lepidoptera-Gelechiidae*). Egypt. Acad. J. Biolog. Sci., 1(2), 1–11.
13. Avdyukhina, V. M., Bliznyuk, U., Borschegovskaya, Yu. Yu. P., Ilyushin, A. S., Levin, I. S., Studenikin, F. R., & Chernyaev, A. P. (2016). Change of the kinetics of potato tuber sprouting after X-ray irradiation. Scientific notes of the Faculty of Physics M.V. Lomonosov Moscow State University, 3, 345–351.
14. Rezaee, M., Almassi, M., Majdabadi, A., Minaei, S., & Khodaddi, M. (2011). Potato Sprout and Tuber Quality after Post Treatment with Gamma Irradiation on Different Dates. J. Agr. Sci. Tech., 13, 829–842.
15. Marcu, D., Damian, G., Cosma, C., & Cristea, V. (2013). Gamma radiation effects on seed germination. growth and pigment content. and ESR study of induced free radicals in maize (*Zea mays*). J. Biol. Phys., 39(4), 625–634.
16. Toni, A., Wiendl, T. A., Wiendl, F. W., Arthur, P. B., Franco, S. S. Franco, J. G., & Arthur, V. (2013). Effects of gamma radiation in tomato seeds. International Nuclear Atlantic Conference - INAC. Recife. PE. Brazil. November 24–29, 42–45.
17. Kozachenko, M. R. (2010). Experimental mutagenesis in barley selection, Kharkiv, 296 (in Ukrainian).
18. Souleymane Bado, Matumelo; Alice Rafiri, Kaoutar El-Achouri; Enoch, Sapey; Stephan Nielen, Abdelbagi; Mukhtar, Ali Ghanim; Brian Peter, Forster; Laimer, M. (2016). *In vitro* methods for mutation induction in potato (*Solanum tuberosum* L.). African Journal of Biotechnology, 15(39), 2132–2145.

19. Ulukapi, K., & Nasircilar, A. G. (2015). Developments of Gamma Ray Application on Mutation Breeding Studies in Recent Years International Conf. On Agricul. Biolog. & Environment. Sci., 22–23 July, 31–34.
20. El-Hetawy, D. Y. M., AbdEl-Sabour, M. S., Refaat, M. H., & Salim, T. M. (2018). *In vitro* induction of salt tolerant potato (*Solanum tuberosum* L.) Plants with gamma irradiation and characterization of genetic variations through SDS-PAGE and ISSR-PCR analysis. Plant Biotechnology. 4<sup>th</sup> Intern. Conf. of Biotech. Applic. in Agric. Egypt. 4–7 April, 2018, 167–176.
21. Yaycili, O., & Alicamanoglu, S. (2012). Induction of Salt-Tolerant Potato (*Solanum tuberosum* L.) Mutants with Gamma Irradiation and characterization of Genetic Variations via RAPD-PCR Analisis. Turkish Journal Biol., 36, 405–412.
22. Afrasiab, H., & Iqbal, J. (2010). *In vitro* Techniques and Mutagenesis for the Genetic Improvement of Potato cvs. *Desiree* and *Diamant*. Pac. J. Bot., 42(3), 1629–1637.
23. Sherin, A., Mahfouze Amira, M., Esmael, Heba, & Allah, A. (2012). Mohasseb Genetic improvement of potato microtuber production *in vitro* by gamma irradiation. Biotechnology Apl., 19(4), 239–245.
24. Podhaietskiy, A. A. (2004). Discription of potato resources and their practical use. Yurjev Plant Production Institute. 103–109.
25. Podgaietskiy, A. Ad., Kravchenko, N. V., & Podgaietskiy, A. An. (2017). Results of use in potato selection of interspecific hybrids with participation of *S. bulbocastanum* Dun. Proceedings on Applid Botany. Genetics and Breeding, 178(2), 33–37 (in Russian).
26. Zhatova, H. O. (2009). General seed studies. University Book, Sumy, 272 (in Ukrainian).
27. Podhaietskiy, A. A. (2002). Kartoplja. Vyroshhuvannja kartopli z vykorystannjam botanichnogo nasinnja [Potato. Growing potatoes using botanical seeds]. Kyi'v, 1, 290–313.
28. Podhaietskiy, A. A. (1991). Vyrashhivanie semjan iz zarodyshej n vitro [Growing seeds from embryos in vitro]. Tezisy dokl. Vsesojuzn. konf. Chernovcy, 1, 54.
29. Komolprasert, V., & Morehouse, K. (2004). Irradiation of Food and Packaging: Resent Developments. Amer. Chemical Society, 107–116.
30. Lorez-Mendoza, H., Carrillo-Rodriguez, J. C., & Chavez-Servia, J. L. (2012). Effect of gamma-irradiated seed on germination and growth in *Capsicum annuum* L. plants grown in a Greenhouse. Acta Horticulturae, 947, 77–81.
31. Diaz, L. E., Garcia, S. A. L., Morales, R. A., Baez, R. I., Perez, V. E., Olivar, H. A., Vargas, R. E. J., Hernandez, H. P., Delacruz, T. E., Garsia, A. J. M., Loeza, C. J. M. (2018). Effect of gamma radiation of <sup>60</sup>Co on sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) (Asteraceae) from irradiation achenes. Scientia Agropecuaria, 9(3), 189–193.

**Podgayetsky A. A.**, Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kravchenko N. V.**, Doctor (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kryuchko L. V.**, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Stavytsky A. A.**, PhD (Agricultural Sciences), Director, Okhtyrka college of Sumy National Agrarian University, Okhtyrka, Ukraine

#### **SUSTAINABILITY OF BACKCRSED POTATO SEEDS OF DIFFERENT SHELF LIFE UNDER THE INFLUENCE OF IONIZING IRRADIATION**

The article presents the results of a study on the combination of the use of two methods: remote hybridization of potatoes and radiation, their impact on seed viability: germination energy and subsequent germination. The source material in the study used seeds from backcrossing of complex interspecific hybrids (three-six-species) with different pollinators both at the last stage and the previous ones. Dry seeds were treated with  $\gamma$ -rays, the source of which was <sup>60</sup>Co on the installation "Teratron Elit-80" at the Institute of Plant Breeding. V. Ya. Yuriev NAAS of Ukraine. Irradiation intensity 7442 Ku. The following options are used: control, doses: 100, 150 and 200 Gy. Other techniques are common in potato growing.

It was found that the seeds, which were stored indoors for three years (sowing in 2014) reacted positively to its irradiation. For the realization of germination energy (the first four days), germination for 5–9 days and all overgrown seeds was the best option with a dose of 200 Gy, which exceeded the control, respectively, 1.7; 1.9 and 1.8 times. Much worse results (about a third) were obtained in the options of 100 and 150 Gy. Irradiation of seeds a year ago (sowing in 2015) had a similar effect, but in terms of germination energy it was inferior to the previously mentioned, even in control 12.6 times, although the share of germinated seeds for 5–9 days was a small difference – 2.1 times.

Proven effect on seed germination, different in origin in the control. Among the seeds three years ago, the optimal effect of its origin and irradiation with radioactive cobalt was found in the combination of 91.318-6 x Svitnok Kyiv with germination energy of 7.0 %, germination for 5–9 days was 18.7 % and overall germination – 25.7 %. Among the five year-old populations, these seeds accounted for 91.4 % and 97.9 %, respectively, relative to the first and third rates.

The mutual influence of germination doses, origin and shelf life of seeds on germination energy is proved. In terms of the total number of germinated seeds, the positive effect of radiation exposure, compared to the control, in 13 populations and their variants revealed a stimulating effect after three years of storage. A much worse effect of radiation on the overall germination was found with the use of fresh seeds. Only four populations and variants showed a positive effect on the process.

**Key words:** potatoes, hybrid seeds, radiation doses, germination energy, seed viability, laboratory germination, crossbreeding combinations, seed age.

Дата надходження до редакції: 29.08.2019 р.



нетичного потенціалу селекційних зразків картоплі конкурсно-екологічного випробування в умовах Українських Карпат за продуктивністю та її складовими, оцінити їх стійкість проти фітофторозу на природному інфекційному фоні.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводились у Карпатському опорному пункті Інституту картоплярства НААН України впродовж 2018–2019 років. Експерименти виконували на висоті 650 м над рівнем моря на опідзолених буроземних ґрунтах.

Клімат помірно континентальний, що має перехідний характер від порівняно теплого і вологого західного європейського. Специфічні погодні умови гірської місцевості з частою повторністю та мінливістю метеорологічних показників спричиняють як позитивний вплив на ріст і розвиток рослин, накопичення урожаю картоплі та їх якісні показники, так і негативний: прояву хвороб картоплі, особливо фітофторозу.

За останні роки в Українських Карпатах спостерігається відчутна зміна кліматичних умов. На відміну від попередніх років досліджень, у роки виконання експерименту погодні умови в період вегетації картоплі були більш вологі на початку вегетації картоплі та сухі впродовж останнього його періоду.

Вихідним матеріалом у роботі використані селекційні номери картоплі, створені у відділі селекції Інституту картоплярства НААН України та Поліському дослідному відділенні цього ж інституту. Стандартами використовували ранньостиглий сорт Тирас, середньостиглий – Явір та середньопізній – Червона рута.

Оцінювали стійкість картоплі до фітофторозу в умовах природного фону Карпат, з використанням візуального спостереження за 9-ти бальною шкалою: бал 9 – на рослинах відсутні симптоми хвороби; 8 – уражено до 5 % площі листя або стебел; 7 – хворобою охоплено 6–30 % надземної частини рослини; 5 – уражено 31–55 % листя та стебел; 3 – хвороба охоплює 56–80 % надземної частини рослини; 1 – уражено більше 80 % листя та стебел (Podhaetskyi et al., 1995). Обліки проводили кожні сім днів з початку появи перших симптомів хвороби. Агротехніка та догляд за рослинами картоплі загальноприйнята в картоплярстві Українських Карпат.

**Результати.** Зональне екологічне випробування селекційного матеріалу дає можливість оцінити зразки як за потенціалом продуктивності, так і за екологічною пластичністю. Під впливом екологічних чинників проявляються кількісні та якісні ознаки, за якими виділяються генотипи найбільш пристосовані до певних умов. Їх широка норма реакції дозволяє порівняно слабше, ніж інших реагувати на несприятливий екологічний комплекс.

В результаті проведення пробного підкопування у ранні строки дозрівання: на 60-й та 70-й день після садіння картоплі, визначали інтенсивність накопичення раннього урожаю. У 2018 році на 60-й день продуктивність сорту-стандарту ранньої групи стиглості Тирас накопичив у перерахунок на 1 га 1,08 т/га бульб (табл. 1). У наступному році через порівняно низьку температуру повітря у травні, вираження показника становило тільки 0,46 т/га, що обумовило низький середній прояв ознаки – 0,77 т/га.

Таблиця 1

Прояв господарсько-цінних ознак поміж селекційного матеріалу за вирощування в Українських Карпатах, 2018, 2019 рр.

№ з/п	Сорт, селекційний номер	Походження	Рік	Урожайність, т/га			Товарність, %	Вміст крохмалю, %
				на 60-й день	на 70-й день	в кінці вегетації		
1	Тирас	стандарт	2018	1,08	2,52	2,72	97,4	11,6
			2019	0,46	0,75	1,31	89,3	12,4
			середнє	0,77	1,63	2,02	93,3	12,0
4	ВМ.16-19	Здабиток х Сантарка	2018	1,37	2,67	2,78	97,8	9,7
			2019	0,42	1,09	1,21	89,3	13,8
			середнє	0,89	1,88	1,99	93,6	11,7
8	Н.09.8-14	Базис х Беллароза	2018	1,60	2,54	3,01	98,0	11,7
			2019	0,70	1,51	1,73	92,5	9,8
			середнє	1,15	2,03	2,37	95,3	10,8
2	Явір	стандарт	2018	0,77	2,27	2,45	97,1	12,1
			2019	0,26	0,68	1,79	93,9	15,1
			середнє	0,51	1,47	2,12	95,5	13,6
3	Червона рута	стандарт	2018	0,81	1,17	1,31	90,8	11,9
			2019	0,33	0,94	2,63	91,3	18,7
			середнє	0,57	1,05	1,97	91,5	15,3
5	П.10.51-4	00.31-6 х Сантарка	2018	0,66	1,98	2,11	96,7	12,4
			2019	0,31	0,82	1,05	85,7	13,1
			середнє	0,48	1,40	1,58	91,2	12,7
6	П.11.17-1	02.49/146 х Поліська ювілейна	2018	0,67	1,71	2,20	95,5	12,3
			2019	0,64	0,93	1,33	91,0	10,5
			середнє	0,65	1,32	1,76	93,3	11,4
7	П.12.16/12	04.38-3 х Беллароза	2018	1,05	1,55	1,95	95,4	11,6
			2019	0,40	1,00	2,30	94,3	11,4
			середнє	0,73	1,28	2,13	94,8	11,5
9	ВМ.178/55	81.436с8 х Беллароза	2018	0,73	1,94	2,10	95,7	14,2
			2019	0,39	0,53	1,13	90,3	12,4
			Середнє	0,56	1,23	1,62	93,0	13,3
10	П.12.27/17	09.16-6 х Поліська ювілейна	2018	1,14	2,12	2,24	96,4	13,9
			2019	0,69	0,91	1,37	90,5	11,9



№ з/п	Сорт, селекційний номер	Походження	Рік	Урожайність, т/га			Товарність, %	Вміст крохмалю, %
				на 60-й день	на 70-й день	в кінці вегетації		
			середнє	0,92	1,51	1,81	93,5	12,9
11	П.12.31/3	Подоля х Червона рута	2018	0,32	1,78	2,01	93,5	12,6
			2019	0,27	0,44	0,76	82,9	14,0
			середнє	0,30	1,11	1,39	88,2	13,3

Серед досліджуваних зразків три перевищили стандарт за урожайністю у результаті першого підкопування у 2018 році, хоча і серед них спостерігали різницю у прояві ознаки за роками. Водночас, у гібридів Н.09.8-14, ВМ.16-19, і П.12.27/17 потенціал бульбоутворення за 2018 рік був не однаковим. Найменшу перевагу над стандартом мав останній зразок – 0,06 т/га. Протилежне стосувалось першого гібрида, перевага над стандартом у якого була 0,52 т/га.

Вважаємо, різна реакція згаданих зразків на зовнішні умови в 2019 році обумовила дещо інший їх розподіл за середнім значенням показника. Значно низив потенціал бульбоутворення у згаданому році гібрид ВМ.16.19, що і спричинило найнижчі дворічні дані у нього. Протилежне стосувалось зразка Н.09.8-14, у якого урожайність виявилась найбільшою і в поєднанні з аналогічним проявом ознаки в 2018 році середні дворічні дані у нього були максимальними, зокрема, порівняно з стандартом, більші на 0,38 т/га.

Щодо викладеного, інше стосувалось ранньостиглих гібридів за другого підкопування. Тільки два гібриди з раніше згаданих трьох перевищили урожайність сорту стандарту Тирас у 2018 році, а саме: ВМ.16-19 і Н.09.8-14. Тотожне відносилось до них щодо 2019 року. Тільки в останньому мав перевагу над стандартом за проявом показника зразок П.12.27/17, хоча і незначною мірою – 0,22 т/га, що не дозволило йому за середніми даними бути віднесеним до ранніх сортів.

Отримані дані дозволяють стверджувати про неоднакову реакцію виділених зразків за темпами накопичення кінцевого врожаю. Неприятливі умови для прояву показника в гібрида ВМ.16.19 в 2019 році не дозволили йому зрівнятись з сортом Тирас за дворічними даними. Особливо виділився в цьому відношенні зразок Н.09.8-14. Крім того, що в обидва роки урожайність його перевищила стандарт, різниця між ними у нього виявилась меншою, ніж у сорту Тирас: 1,28 проти 1,41 т/га. Тобто, крім високого прояву, він ще й характеризувався стабільністю вираження показника.

Специфічною динамікою накопичення врожаю характеризувались у роки виконання дослідження середньостиглий сорт Явір та середньопізній Червона рута. Для останнього вдалими для бульбоутворення виявились умови 2018 року. Аналогічне стосувалось урожайності в кінці вегетації у 2019 році. В усі інші періоди перевагу за проявом ознаки мав сорт Явір.

По-особливому реагував на зовнішні умови гібрид П.12.16/12. У 2018 році в кінці вегетації він переважав за урожайністю сорт Червона рута, проте поступався іншому стандарту – Явір. Протилежне спостерігалось у наступному році, коли перевищення вираження показника в зразка, порівняно з сортом Явір, становило 0,51 т/га, проте виявилось нижчим, ніж у сорту Червона рута на 0,33 т/га. Незважаючи на викладене, у середньому гібрид мав вищу урожайність, ніж обидва стандарти.

Найвищою товарністю урожаю у досліді характеризувався зразок Н.09.8-14 – 98,0 % в умовах 2018 року. Завдяки

цьому середній прояв показника в нього також був високим, проте на 0,02 % меншим, ніж у сорту Явір. Аналіз отриманих даних дозволив стверджувати, що умови періоду вегетації 2019 року виявились гіршими для формування товарного врожаю, порівняно з попереднім. У трьох зразків: ВМ.16-19, П.10.51-4 і П.12.31/3 абсолютне значення показника у цьому році було нижчим, ніж 90 %.

В умовах Карпат підтвердив здатність накопичувати велику кількість крохмалю у бульбах сорт Червона рута. У 2019 році величина показника в нього виявилась найвищою у досліді – 18,7 %, хоча в попередньому вона була дуже низькою – 11,9 %. Тільки в двох гібридів: ВМ.178/55 і П.12.31/3 у середньому за два роки вміст крохмалю був найбільшим – 13,3 %.

Отримані дані (табл. 2) свідчать, про відмінність фітопатогенної ситуації стосовно поширення фітофторозу у роки виконання дослідження. Крім сортів-стандартів у 2018 році в усіх зразків поява фітофторозу відмічена 25 червня.

Лише в гібрида Н.09.8-14 спостерігався однаковий строк започаткування ураження хворобою з сортами-стандартами та особливо виділився у цьому відношенні зразок ВМ.178/55, у якого викладене спостерігалось тільки 19 липня.

Порівняно із згаданим, інша фітопатологічна ситуація стосовно фітофторозу склалась у 2019 році. У двох сортів-стандартів та в семи з восьми гібридів перші симптоми хвороби відмічені 4 червня, тобто більш, ніж на місяць раніше, порівняно з попереднім роком. Виняток становили сорт Червона рута та зразок П.12.31/3, у яких згадане спостерігалось 21 червня.

Відмічені також особливості щодо динаміки розвитку хвороби. Не виявлено ознак ураження хворобою за першого обліку тільки у сорту Червона рута в обидва роки та сорту Явір і гібрида ВМ.178/55 у 2018 році. Водночас, незважаючи на однакову, або дуже близьку дату появи ознак захворювання серед досліджуваного матеріалу у окремих гібридів: П.11.17-1 і П.12.31/3 за першого обліку мала місце лише середня стійкість – 5 балів, хоча, наприклад, тотожне спостерігалось у сорту Явір під час шостого обліку у 2018 році.

Особливою динамікою розвитку хвороби характеризувався зразок ВМ.178/55, зокрема в 2018 році. Тільки в нього не виявлено симптомів хвороби під час перших двох обліків, що свідчить про більш високу його стійкість проти хвороби, ніж у сортів-стандартів, проте тільки з урахуванням популяційного складу збудника в цьому році. Водночас, патогенна ситуація за п'ятого обліку обумовила тільки слабку стійкість до хвороби в нього, хоча під час попереднього обліку вона характеризувалась як відносно висока (7 балів).

За середніми даними як високо стійкий виділився в умовах 2018 року гібрид ВМ.178/55. Він мав тотожне вираження показника як і в кращого сорту-стандарту Червона рута. Водночас, наступного року його стійкість дорівнювала 4,4 бали, що на 0,6 бала нижче, ніж у сорту Червона рута і 1,3 бали, порівняно з сортом Явір.

Динаміка стійкості до фітофторозу селекційного матеріалу картоплі на природному фоні Українських Карпатах, 2018, 2019 рр.

Сорт, селекційний номер	Рік	Дата появи фітофторозу	Стійкість за обліками в балах							Середній бал
			1	2	3	4	5	6	7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тирас	2018	9.07	8	7	5	3	1	1	1	3,7
	2019	4.06	8	7	5	3	3	1	1	4,0
Явір	2018	9.07	9	8	7	5	5	1	1	5,1
	2019	4.06	8	8	8	5	5	5	1	5,7
Червона рута	2018	9.07	9	8	7	7	5	1	1	5,4
	2019	21.06	9	8	5	5	5	1	1	5,0
ВМ.16-19	2018	25.06	7	7	5	3	1	1	1	3,6
	2019	4.06	7	7	5	3	1	1	1	3,6
П.10.51-4	2018	25.06	7	5	5	3	1	1	1	3,3
	2019	4.06	7	5	3	3	1	1	1	3,0
П.11.17-1	2018	25.06	5	5	3	1	1	1	1	2,4
	2019	4.06	8	7	7	5	3	1	1	4,6
П.12.16/12	2018	25.06	5	5	3	1	1	1	1	2,4
	2019	4.06	7	7	7	5	5	1	1	4,7
Н.09.8-14	2018	9.07	8	7	5	3	1	1	1	3,7
	2019	4.06	7	7	5	3	3	1	1	3,9
ВМ.178/55	2018	19.07	9	9	8	7	3	1	1	5,4
	2019	4.06	7	7	7	5	3	1	1	4,4
П.12.27/17	2018	25.06	5	7	5	3	1	1	1	3,6
	2019	4.06	7	7	5	3	1	1	1	3,6
П.12.31/3	2018	25.06	5	5	3	1	1	1	1	2,4
	2019	21.06	7	5	3	3	1	1	1	3,0

В обидва роки низькою стійкістю проти хвороби характеризувались зразки П.12.31/3 і П.10.51-4, а в 2018 році П.11.17-1 і П.12.16/12, що свідчить про необхідність застосування до них спеціальної системи захисту від хвороби.

**Обговорення.** Незважаючи на специфічність норми реакції досліджуваного матеріалу на оригінальні гірські умови українських Карпат за врожайністю, отримані дані дозволяють стверджувати про цінність цих умов для повноти характеристики екологічного випробування. Наприклад, за випробування сортів у 2018 і 2019 роках в умовах північно-східного Лісостепу України вираження показника в сорту Явір, відповідно, становив 14,3 т/га, а в наступному – 13,7 (Butenko et al., 2020).

Вузька норма реакції генотипів сортів картоплі обумовлює реалізацію контролю ознак, яка значною мірою залежить від оточуючого середовища, чим і спричинене поширення сортів лише в певних регіонах (Beresnev et al., 1973).

У дослідженнях, що виконані як в однаковій зоні, так і різних підтверджена значна залежність урожайності від місць випробування (Podhaietskyi & Kovalenko, 2013). Наприклад, коефіцієнт варіації врожайності сорту Дніпрянка, випробуваного в двох місцях північно-східного Лісостепу України (ТОВ «Аграрне» та ННВК СНАУ) становив, відповідно, 39,8 і 2,1 %,

а в дослідженнях в зоні Полісся України його величина була 47,6 %. Аналогічне спостерігалось щодо сортів білоруської селекції (Podhaietskyi & Kovalenko, 2011). Викладене зайвий раз підтверджує необхідність широкого екологічного випробування сортів для визначення оптимальних умов для їх поширення.

Випробування сортів та гібридів впродовж двох років у гірських умовах Карпат засвідчила різну їх реакцію на зовнішні умови (рис. 1). Тільки в сорту Червона рута та гібрида П.12.16/12 урожайність була меншою у 2019 році, порівняно з попереднім.

Вважаємо саме значне поширення фітофторозу і тим самим скорочення періоду вегетації сортів та гібридів обумовили їх порівняно низьку врожайність. Підтвердженням викладеного може бути вищий прояв показника в стійких проти хвороби сортів-стандартів Явір та Червона рута.

У цілому, у двох гібридів отримані однакові дані за стійкістю проти фітофторозу, незалежно від фітопатогенної ситуації в роки виконання дослідження, у двох стійкість виявилася вищою у 2018 році, а в чотирьох – у наступному, що свідчить про специфічність реакції генотипів сортів та гібридів на зовнішні умови.

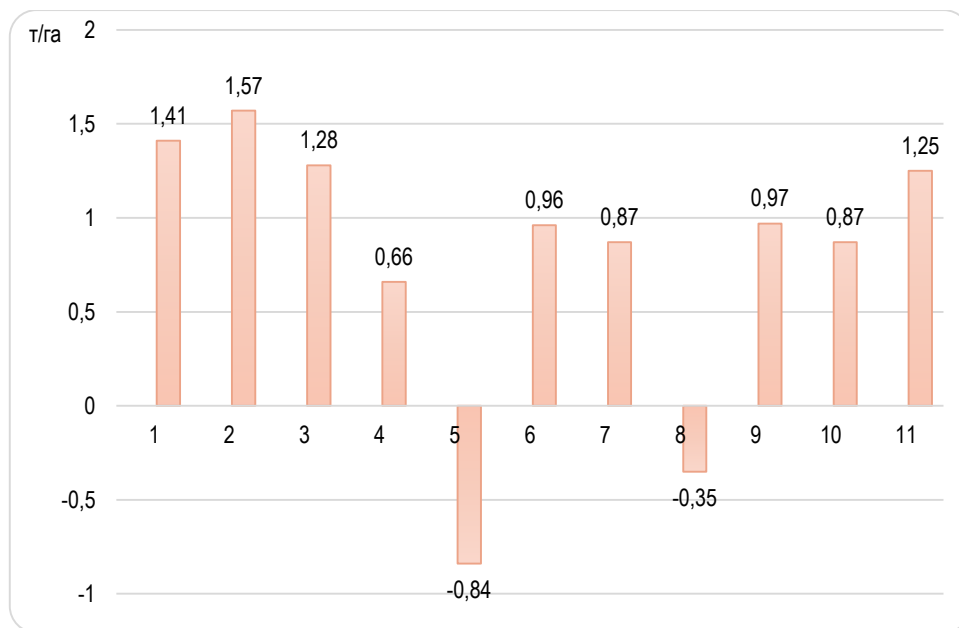


Рис. 1. Різниця у прояві врожайності за випробування в Українських Карпатах (2018 р. проти 2019 р.)

Примітка: цифри 1-11 означають номери зразків таблиці 1.

**Висновки.** За раннім накопиченням урожаю виділено гібрид Н.09.8-14, який також характеризувався стабільністю прояву показника, що не можна відмітити щодо інших ранніх форм. Серед зразків інших груп стиглості виділився гібрид П.12.16/12, що мав більшу середню урожайність, ніж сорти Явір та Червона рута, відповідно на 0,01 та 0,16 т/га. Крім цього, він відрізнявся за роками від стандартів щодо прояву ознаки. За максимальною товарністю урожаю виділився гібрид Н.09.8-14, проте незважаючи на перевагу його над сортом Явір у 2018 році (на 0,9 %), у середньому він поступався

стандарту на 0,2 %. Гіршими умовами для формування товарного врожаю були в 2019 році, коли в трьох зразків прояв ознаки становив менше 90 %. Крім сортів-стандартів Явір та Червона рута за стійкістю проти фітофторозу виділено гібрид ВМ.178/55, проте з специфічною динамікою розвитку хвороби залежно від загальної патогенної ситуації. В умовах 2018 року він мав вищу стійкість, ніж сорт Явір та однакову з сортом Червона рута, проте у наступному значно поступався за стійкістю обом сортам, відповідно на 2,3 та 0,6 балів.

#### Бібліографічні посилання:

1. Podhaietskiy, A. A. (2014). Adaptatsiia i yii znachennia dlia seleksii ta vyrobnytstva silskohospodarskykh kultur, u tomu chysli kartopli [Adaptation and its importance for the selection and production of crops, including potatoes]. *Kartopliarstvo Ukrainy*, 1-2(34–35), 10–17 (in Ukrainian).
2. Podhaietskiy, A. A., Kravchenko, N. V., & Podhaietskiy, A. An. (2016). Vplyv meteorolohichnykh umov na vrozhaunist kartopli [Influence of meteorological conditions on potato yield]. *Visnyk Sums'koho NAU. Seriya Ahronomiia i biolohiia*, 2(31), 169–172 (in Ukrainian).
3. Lombardo, S., Monaco, A., Pandino, G., Parisi, B. & Mauromicale, G. (2013). The phenology, yield and tuber composition of 'early' crop potatoes: A comparison between organic and conventional cultivation systems. *Cambrige Core*, 3, 50–58. doi: 10.1017/S1742170511000640.
4. Podhaietskiy, A. A., Kovalenko, V. M. & Kyienko, Z. B. (2014). Otsinka sortiv seleksii Instytutu kartopliarstva NAAN za serednoiu masoiu bulb u riznykh umovakh [Evaluation of varieties of selection of the Institute of Potato NAAS on the average weight of tubers in different conditions]. *Kartopliarstvo Ukrainy*, 3–4(36–37), 25–31 (in Ukrainian).
5. Podhaietskiy, A. A. (2018). Teoretychni osnovy stvorennia vykhidnoho selektsiinoho materialu kartopli [Theoretical bases of creation of initial selection material of potatoes]. *Mater. mizhnar. n.-prak. konf. «Honcharivski chytannia», prysviacheni 89 richnytsi z dnia narodzhennia d. s.-h. n., profesora Honcharova M. D. 24–25 travnia 2018 r. Sumy*, 16–18 (in Ukrainian).
6. Travina, S. N., & Zhigadlo, T. Je. (2019). Reprodukcionnyy potencial obrazcov kartofelja iz kolekcii VIR v uslovijah Murmanskoj oblasti [Reproduction potential of potato samples from the VIR collection in the conditions of the Murmansk region]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 180(3), 110–115 (in Russian). doi:10.30901/2227-8834-2019-3-110-115
7. Podhaetskiy, A. A., & Sobran, V. M. (2011). Fitoforoustojchivost' mezhvidovyh gibridov kartofelja [Phytophthora resistance of interspecific potato hybrids]. *Kartofelevodstvo. Sb. nauchn. tr. RUP «Nauchno-issledovaten'skij centr NAN Belarusi po kartofel'evodstvu i plodoovoshhevodstvu»*, 19, 147–155 (in Russian).
8. Podhaetskiy, A. A., & Sobran, V. M. (2004). Efektyvnist' shreshhuvannja mizhvydovyh gibrydiv v umovah Karpat [The efficiency of crossing interspecific hybrids in the Carpathians]. *Visnyk Sums'koho NAU. Seriya «Agronomija i biologija»*, 12(10), 29–34 (in Ukrainian).
9. Osypchuk, A. A. (2002). Rezul'taty ta zavdannja seleksii kartopli Ukrai'ny [Results and tasks of potato selection in Ukraine]. *Kyiv*, 31, 15–21 (in Ukrainian).

10. Podhaietskyi, A. A., & Gordienko, V. V. (2008). Cvetenie i jagodoobrazovanie u sortov kartofelja [Flowering and berry formation in potato varieties]. *Kartofelevodstvo. Sb. nauchnyh trudov. Minsk, 14*, 278–289 (in Russian).
11. Bertin, I., Foote, T., Knight, E., Snape, J., & Moore, G. (2009). Development of consistently crossable wheat genotypes for alien wheat gene transfer through fine-mapping of the Kr 1 locus. *Theor. Appl. Genet.*, 119, 1374–1381.
12. Hvedynich, O. A., & Podhaietskyi, A. A. (1993). Narushenie jembrional'nyh processov v kombinacii skreshhivaniia *Solanum stoloniferum* Schlechtd. h *S. demissum* Lindl. i *S. stoloniferum* Schlechtd. x *S. pinnatisectum* Dun. [Disruption of embryonic processes in a combination of crossing *Solanum stoloniferum* Schlechtd. h *S. demissum* Lindl. i *S. stoloniferum* Schlechtd. x *S. pinnatisectum* Dun.]. *Citologija i genetika*, 27(1), 32–38 (in Russian).
13. Pershyna, A. A., & Trubacheva, N. V. (2016). Mezhydivovaja nesovmestimost' pri otdalenoj gibridizacii rastenij i vozmozhnosti ee preodolenija [Interspecific incompatibility in remote plant hybridization and the possibility of overcoming it]. *Vavilovskiy zhurnal selektsyy i henetyky*, 20(4), 416–425 (in Russian). doi: 10.18699/VJ16.082
14. Evdokymova, Z. Z., & Kalashnyk, M. V. (2018). Ustojchivost' gibridov vtorogo klubneвого pokolenija k polevoj populjacii *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary i vyvedenie hozjajstvenno cennyh klonov [Resistance of hybrids of the second tuberous generation to the field population of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary and breeding of economically valuable clones]. *Trudy po prikladnoj botanike selekcii i genetike*, 179(2), 151–158 (in Russian). doi: 10/30901/2227-8834-2-151-158
15. Kostyna, L. Y., & Kosareva, O. S. (2019). Polevaja subkolekcija selekcionnyh sortov kartofelja po ustojchivosti k fitoforozi [Field subcollection of selective potato varieties for late blight resistance]. *Trudy po prikladnoj botanike selekcii i genetike*, 180(3), 36–40 (in Russian). doi: 10.30901/2227-8834-2019-3-36-40.
16. Zoteeva, N. M., & Karabytsyna, Yu. Y. (2016). Fitoforoustojchivost' gibridov ot skreshhivaniia *Solanum tuberosum* L. s diploidnymi bolivijskimi vidami kartofelja [Late blight resistance of hybrids from crossing *Solanum tuberosum* L. with diploid Bolivian potato species]. *Trudy po prikladnoj botanike selekcii i genetike*, 177(4), 114–121 (in Russian). doi: 10.30901/2227-8834-2016-4-114-121.
17. Zoteeva, N. M., Kosareva, O. S., & Evdokimova, Z. Z. (2017). Poisk ustojchivogo k fitoforozi ishodnogo materiala dlja selekcii sredi sortov i klonov kartofelja [Search for late blight of starting material for breeding among potato clones]. *Trudy po prikladnoj botanike selekcii i genetike*, 178(4), 119–126 (in Russian). doi: 10/30901/2227-8834-2017-4-119-126.
18. Zoteeva, N. M. (2019). Ustojchivost' dikih vidov kartofelja k fitoforozi v polevyh uslovijah Severo-Zapada RF [Resistance of wild potato species to late blight in the field conditions of the North-West of the Russian Federation]. *Trudy po prikladnoj botanike selekcii i genetike*, 180(4), 159–169 (in Russian). doi:10.30901/2227-8834-2019-4-159-169.
19. Podhaetskyi, A. A., & Sobran, V. M. (2011). Fitoforo ustojchivost mezhvydovykh hybrydov kartofelja [Phytophthora resistance of interspecific potato hybrids]. *Kartofelevodstvo. Sb. nauchn. tr. RUP «Nauchno-ysledovatenl'skyi tsentr NAN Belarusy po kartofelevodstvu i plodoovoshchevodstvu»*, 19, 147–155 (in Ukrainian).
20. Podhaetskyi A. A., & Sobran V. M. (2004). Efektyvnist skreshhchuvannia mizhydovykh hybrydiv v umovakh Karpat [The efficiency of crossing interspecific hybrids in the Carpathians]. *Visnyk Sums'koho NAU. Seriya «Ahronomiia i biolohiia»*, 12(10), 29–34 (in Ukrainian).
21. Osypchuk, A. A. (2002). Rezultaty ta zavdannia selekcii kartopli Ukrainy [Results and tasks of potato selection in Ukraine]. *K.*, 31, 15–21 (in Ukrainian).
22. Podhaetskyi, A. A., & Hrytsenko, E. P. (1995). Otsenka yskhodnogo henetycheskoho y yskhodnogo selektsyonnoho materyala na ustojchivost protyv hrybnykh boleznei: metodycheskye rekomendatsyy [Evaluation of the original genetic and source breeding material for resistance to fungal diseases: guidelines]. *UAAN, Kyev*, 56 (in Ukrainian).
23. Butenko, Ye. Yu., Shapoval, R. M., Parkhomenko, I. I., & Podhaetskyi, A. A. (2020). Produktyvnist sortiv kartopli v umovakh pivnichno-skhidnogo Lisostepu Ukrainy [Productivity of potato varieties in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine]. "Dynamics of the development of world science". Abstracts of VII International Scientifics and Practical Conference Vancouver, Canada. 18-20 March, 280–287 (in Ukrainian).
24. Beresnev V. K., Kedrova L. Y., & Kalynyna L. V. (1973). Nekotorye voprosy selekcii na plastichnost' [Some questions of breeding for plasticity]. *Rasteniyevodstvo. Kyrov*, 72–75 (in Russian).
25. Podhaetskyi A. A., & Kovalenko V. M. (2013). Produktyvnist sortiv kartopli selekcii Instytutu kartopliarstva NAAN Ukrainy [Productivity of potato varieties of selection of the Institute of Potato Growing of NAAS of Ukraine]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnogo aharnoho universytetu. Seriya «Ahronomiia»*, 17(2), 196–202 (in Ukrainian).
26. Podhaetskyi A. A., & Kovalenko V. M. (2011). Adaptyvnist sortiv biloruskoi selekcii [Adaptability of varieties of Belarusian selection]. *Visnyk Sums'koho NAU. Seriya «Ahronomiia i biolohiia»*, 4(21), 143–147 (in Ukrainian).

**Sobran V. M.**, PhD (Agricultural Sciences), Senior Research Fellow, Carpathian base of the Institute of Potato NAAS of Ukraine, v. Nyzhny Vorota, Volovets district, Zakarpatska region, Ukraine

#### **REACTION NORM OF SELECTION MATERIAL FOR TESTS IN THE CONDITIONS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS**

The results of research on the manifestation of the reaction rate of breeding material created in the selection department of the Institute of Potato Growing and Polissya Research Department of this institute, for testing in specific soil-climatic, phytopathogenic conditions of the Ukrainian Carpathians are presented.

According to the early accumulation of the crop, the hybrid H.09.8-14 was isolated, which was also characterized by the stability of the indicator, which cannot be noted in relation to other early forms. Among the samples of other maturity groups, the hybrid P.12.16/12 stood out, which had a higher average yield than the varieties Yavir and Chervona Ruta, by 0.01 and 0.16 t/ha, respectively.

*In addition, it differed in age from the standards for the manifestation of the sign.*

*The hybrid H.09.8-14 was characterized by the maximum marketability of the crop, but despite its advantage over the Yavir variety in 2018 (by 0.9 %), on average it was inferior to the standard by 0.2 %. The worst conditions for the formation of the commodity harvest were in 2019, when in three samples the manifestation of the trait was less than 90 %.*

*In addition to the standard varieties Yavir and Chervona Ruta, the hybrid BM.178/55 has been identified for resistance to late blight, but with specific dynamics of disease development depending on the general pathogenic situation.*

**Key words:** *potatoes, yield, marketability, starch content, late blight, stability, conditions of the Ukrainian Carpathians.*

*Дата надходження до редакції: 27.09.2019 р.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВАЛОВОГО ВМІСТУ НІКЕЛЮ ТА АРСЕНУ У СМУГАХ ВІДВЕДЕННЯ АВТОШЛЯХІВ М. СУМИ

**Тихонова Олена Михайлівна**кандидат біологічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0003-0961-4896  
ur5apn@ukr.net**Кирильчук Катерина Серіївна**кандидат біологічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-9968-4833  
ekaterinakir2017@gmail.com**Шапавал Вікторія Петрівна**студентка  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
vikashapoval18.19@gmail.com

*Питання вивчення забруднюючого впливу автотранспорту на екологічний стан міста важливе і невідкладне. Індикатором цього впливу виступають ґрунти смуг відведення автомагістралей. Міські ґрунти є базовою складовою урбоєко-систем, адже здійснюють ряд найважливіших екологічних і господарських функцій і значною мірою визначають умови життя людей. Мета дослідження полягала у проведенні кількісного аналізу рівня забруднення нікелем та арсеном поверхневого шару ґрунтів смуг відведення основних автотранспортних магістралей м. Суми.*

*Встановлено, що порівняно з фоновою концентрацією, вміст нікелю в ґрунтах резервно-технологічних смуг на відстані 1–2 м від дороги перевищено у 2,3 рази на вул. Г. Кондратьєва та Харківській, у 2 рази – на вулицях Металургів та Роменській; на відстані 10–13 м виявлено перевищення фонової концентрації 26 мг/кг у 2 рази на вул. Г. Кондратьєва, в 1,7 разів – на вул. Роменська, Металургів, Харківська, Ковпака. В ґрунтах захисних смуг на відстані 50 м від автошляхів перевищення ГДК з урахуванням фону виявлено на вул. Металургів на 30 %, вул. Г. Кондратьєва та Привокзальній – на 6 %. Найнижчий валовий вміст цього елемента виявився на вулицях Героїв Крут та Миру, відповідно 19,5 та 22,5 мг/кг, що нижче кларку на 25 % та 13,5 % відповідно. Перевищення гранично-допустимої концентрації арсену спостерігали практично по всіх вулицях, за виключенням вул. Білопільської. При цьому в ґрунтах смуг відведення автошляхів на вулицях Привокзальна, Г. Кондратьєва ГДК перевищено у 2 рази, а по вул. Роменській – у 4 рази. Однак при цьому потрібно зауважити, що при віддаленні від автошляхів рівень забруднення зменшується й знаходиться у межах норми – на відстані 50 м перевищення вмісту арсену на вул. Харківській складає 25 %, Роменській – 12 % від гранично-допустимої концентрації.*

**Ключові слова:** важкі метали, нікель, арсен, забруднення ґрунтів, смуги відведення автомагістралей.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.8>

**Вступ.** Останнім часом все більше науковців звертають свою увагу на проблему забруднення ґрунтів у містах. Сучасний рівень техногенезу, інтенсивний розвиток промислових агломерацій сприяють збільшенню урбанізованих територій у світі. Поряд із позитивним ефектом цей процес призводить до зростання небажаних наслідків, які проявляються у загостренні екологічних проблем у містах. Міські ґрунти мають значно більший рівень забруднення порівняно з ґрунтами агроєкоосистем та природних екотопів. Поки важкі метали знаходились у своїх природних депо – рудах і мінералах, їх кількість у біогеохімічних циклах була мізерна, а виведення цих сполук із природних руд принципово змінило їх концентрацію у природному середовищі, яка зросла у десятки і сотні разів. Після потрапляння у біосферні колообіги речовин важкі метали повертаються в осадкові породи надзвичайно повільно (Gal'perun, 2003). Відповідно все більш нагальними стають питання вивчення рівня забруднення міських ґрунтів шкідливими речовинами та шляхів подолання цієї проблеми.

Природне джерело потрапляння важких металів у ґрунти – тип материнської породи, атмосферні опади та органічні речовини. Залежно від походження, розрізняються два типи важких металів: 1) літогенні, виникнення яких тісно

пов'язане з материнською породою та мінералами, які її складають; 2) антропогенні, які потрапляють до ґрунту внаслідок людської діяльності (Buchinskiy & Vashukevich, 2008). Негативними наслідками тривалих і інтенсивних антропогенних впливів є розвиток деградаційних процесів у ґрунтах (A national perspective..., 2005; Panas & Malanchuk, 2009).

Адсорбційні властивості ґрунту суттєво впливають на вміст важких металів у ньому. Ґрунтові колоїди частіше мають від'ємний заряд, що полегшує обмінну адсорбцію, яка відбувається у процесі осадження іонів важких металів із ґрунтового розчину. Найбільша адсорбційна ємність властива органічним колоїдам. Від вмісту органічної речовини у ґрунті, внаслідок змін адсорбційної здатності, залежить вміст важких металів, через це у різних природних зонах встановлені різні кларкові концентрації. Здатності катіону до адсорбції зростає разом із його валентністю. На загальну адсорбційну ємність ґрунту впливає його рН. Унаслідок зростаючої кислотності ґрунтів під впливом антропогенних процесів зростає концентрація у ґрунтового розчину деяких форм важких металів. Процеси адсорбції призводять до осадження, або рідше – до окислення. Ступінь окисно-відновного потенціалу ґрунту визначають окисно-відновні реакції іонів важких металів. Окрім

цього, значна частина окисно-відновних реакцій у ґрунті протікає за участю мікроорганізмів, які виділяють протеолітичні ферменти, що виступають каталізаторами обмінних процесів. Частина іонів розчиняється у воді та, утворивши у цій формі комплекс із важкими металами, засвоюється рослинами через кореневу систему. Мікроорганізми необхідні у специфічних реакціях утворення металоорганічних сполук, наприклад, ртуті або миш'яку.

На розподіл важких металів у ґрунті впливають різні фактори, зокрема, гранулометричний склад ґрунту; підвищена дисперсність субстрату, що гальмує винесення атомів мікроелементів за межі ґрунтового профілю та сприяє накопиченню їх у ґрунті; наявність оксидів і гідроксидів у ґрунті (найбільший вплив на рухливість іонів важких металів у ґрунті мають оксиди і гідроксиди Fe, Al і Mn); наявність карбонатів, які значною мірою знижують рухомість всіх мікроелементів, у тому числі, важких металів, адже мають високі адсорбційні властивості; вміст органічної речовини, що інактивує важкі метали, збільшує буферність ґрунту, сприяє зниженню токсичної дії металів і перешкоджає їхньому надходженню у рослини (Iutyn's'ka, 2006); ґрунтова мікробіота, на діяльність якої впливає вологість ґрунту, яка тісно пов'язана з кліматичними і погодними умовами (Zabelina, 2014; Khristenko et al., 2002); важкі метали, які потрапили у ґрунт, у першу чергу, їх мобільна форма, і підлягають різним трансформаціям. Закріплення гумусом – основний процес, що впливає на частку металів у ґрунті. Саме цим пояснюється їхній підвищений вміст у верхньому найбільш гумусованому шарі ґрунту. Глибина проникнення важких металів у забруднених ґрунтах звичайно не перевищує 20 см, проте, при сильному забрудненні вони здатні проникати і на глибини до 160 см. Найбільшою міграційною здатністю характеризуються іони Zn, які рівномірно розподіляються у шарі ґрунту на глибині 0–20 см. Pb частіше накопичується у поверхневому шарі (0–2,5 см), Cd займає проміжне положення між ними (Nikitenko, 2007). За даними дослідників (Matvijchuk, 2008; Vanchura, 2011) у ґрунтах по-обабічної смуги автомобільних доріг загальнодержавного значення Волинської області вміст свинцю змінюється від 9,7 до 70,1 мг/кг ґрунту, а у примігстральних ґрунтах в залежності від відстані до магістралі – від 8,0 до 98,0 мг/кг ґрунту і перевищує ГДК у 6 разів. При наявності піщано-супіщаного субстрату розсіяні хімічні елементи мігрують з поверхні у нижні горизонти ґрунтового профілю.

Встановлено, що метали-забруднювачі мають неоднакову здатність до адсорбції, від чого їхня токсичність для рослин при однаковому забрудненні може бути різною. Так, за однакових умов іони міді адсорбується у більшій кількості, ніж іони кадмію. Цинк утримується ґрунтами більш міцно, ніж

кадмію, тому що найбільша його кількість зв'язана з оксидами заліза. Кадмію, в основному, знаходиться в обмінній формі. Важкі метали у ґрунтах присутні у різних формах: у ґрунтового розчині – у формі вільних катіонів; у твердій частині ґрунту – у формі обмінних катіонів і їхніх заряджених комплексних сполук, адсорбованих на поверхні ґрунтових часточок; у вигляді ізоморфних домішок у структурах глинистих мінералів; гелів заліза, алюмінію і марганцю, а також у формі власних мінералів і стійких осадів малорозчинних солей (Kurbatova et al., 2005). Вагомий внесок в еколого-геохімічні дослідження важких металів зробили українські вчені: Е. Я. Жовинський, І. В. Курасва, А. І. Самчук та ін. (Zhovyns'kyj & Kurajeva, 2002; Kurajeva et al., 2010), які розробили статистичні моделі залежності вмісту рухомих форм мікроелементів від властивостей ґрунтів. З використанням цих моделей визначені інтенсивні та екстенсивні показники рухомості металів.

В ґрунтах важкі метали знаходяться у трьох станах: водорозчинному, необмінному та обмінному. Небезпечним є забруднення ґрунту такими важкими металами як ртуть, кадмію, свинець, хром, мідь, цинк і миш'як. Важкі метали присутні в ґрунті як природні домішки, але причини підвищення їх концентрацій пов'язані із такими факторами антропогенного впливу як:

- промисловість (хімічна, кольорова і чорна металургія, енергетика),
- сільське господарство (зрошення забрудненою водою, застосування пестицидів та мінеральних добрив),
- спалювання вихопного палива та відходів,
- автотранспорт.

Важкі метали надходять у навколишнє середовище у ході роботи самого автотранспорту, а також при стиранні дорожнього покриття. В результаті від автотрас у ґрунт надходять свинець, кадмію, залізо, нікель, цинк, марганець й інші елементи (Akbar et al., 2006). Для запобігання зростання вмісту важких металів у ґрунті введено відповідні норми їхнього вмісту: ГДК валового вмісту важких металів в орному шарі ґрунту та рослинній масі; ГДК рухомих форм важких металів у ґрунті, мг/кг; Кларки важких металів у ґрунті, мг/кг. ГДК важких металів – це концентрація, яка при тривалому впливі на ґрунт і рослини, що ростуть на ньому, не викликає патологічних змін чи аномалій біологічних процесів, а також не призводить до накопичення токсичних елементів у сільськогосподарських культурах і, відповідно, не може порушувати біологічний оптимум для сільськогосподарських тварин і людини (Petruk et al., 2008; DSTU 4768:2007-27) (табл. 1).

Таблиця 1

Гранично-допустимі концентрації деяких забруднюючих елементів у ґрунтах, мг/кг

Хімічний елемент	Рухомі форми	Валовий вміст
Арсен	-	2,0
Кадмію	-	3,0
Мідь	3,0	35,0
Ртуть	-	2,1
Свинець	20,0	32,0
Цинк	23,0	50,0
Нікель	4,0	45,0
Хром	-	0,05
Ванадій	-	150,0

Кларк, або фонові концентрації – це середній вміст важкого металу у ґрунті, що виражається у відсотках або мг/кг (DSTU 3980:2000). Кларк концентрації характеризує міру його концентрації в об'єкті чи природному процесі. В екологічних дослідженнях забруднення міських територій кларки концентрації можуть розраховуватися як відносно кларків літосфери, так і по відношенню до кларків елементів міських ґрунтів. Валовий вміст важких металів доцільно використовувати

для загальної характеристики стану ґрунтів і їхньої потенційної небезпечності. Лише вміст рухомих форм буде зумовлювати рівень їхньої токсичності (DSTU 4976:2008; Piliipenko & Skok, 2015). Метали саме у рухомих сполуках негативно впливають на ґрунтовий біоценоз, що неодноразово довели вітчизняні і зарубіжні дослідники (Fateev, 2006) (табл. 2).

Таблиця 2

Регіональні кларки важких металів для ґрунтів України, мг/кг  
(за А. І. Фатєєвим) (Fateev, 2006)

Ґрунтово-кліматична зона	Елемент								
	Pb	Zn	Cu	Co	Mo	Sr	Cr	V	Ni
Полісся	11,4* 6–25**	42 8–96	8 1,4–20	10 2,5–20	2,4 1,5–5,0	118 80–520	39 20–67	16 8–29	12 9–20
Лісостеп	10 10–10	52 20–90	20 10–48	17 8–40	2,8 0,9–6,3	119 52–250	51 18–100	52 16–201	26 10–80
Степ	13 10–15	62 33–100	27 10–64	16 8–27	3,8 2,9–5,6	142 100–220	85 40–150	68 42–130	25 19–40
Крим: степовий	10 10–10	69 40–190	31 12–47	24 10–30	1,8 2,0–3,8	112 30–300	96 40–156	119 33–120	53 10–47
гірський	- 10	60 45–70	83 55–125	27 23–32	1,1 0,5–1,7	- -	- 130	253 148–267	53 43–63
Карпати: передгір'я	- 23–168	84 45–237	23 5–76	17 5–32	- 0,4–3,0	- 138–145	90 30–282	106 49–302	39 8–110
гірські	61 -	50 45–70	25 20–40	21 15–40	- -	- 126–145	140 100–160	71 46–90	31 25–40

\* - середній вміст; \*\* - діапазон коливань

Класифікація ґрунтів за ступенем забруднення базується на гранично-допустимих концентраціях забруднюючих речовин та їх фонового вмісту у ґрунті (Dabahov et al., 2008; Medvedev, 2002). За ступенем забруднення важкими металами ґрунти поділяються на три категорії: слабозабруднені, середньозабруднені, сильнозабруднені. До сильнозабруднених належать ґрунти, в яких вміст важких металів у декілька разів перевищує ГДК і які зазнали істотних змін фізико-хімічних та біологічних характеристик, а також мають внаслідок цього низьку біологічну активність та продуктивність. Вміст важких металів у рослинній продукції, яку виростили на таких ґрунтах, зазвичай, перевищує встановлені норми. До помірно забруднених належать ґрунти, в яких встановлено незначне перевищення ГДК, без помітних змін фізико-хімічних властивостей, до слабозабруднених – вміст важких металів у яких не перевищує ГДК, але вищий від природного фону (Piven', 2008).

Відповідно до Державного стандарту (DSTU 4768:2007-27), токсичні хімічні елементи розділені за класами гігієнічної небезпеки:

I клас: арсен (As), берилій (Be), ртуть (Hg), селен (Se), кадмій (Cd), свинець (Pb), цинк (Zn), флуор (F);

II клас: хром (Cr), кобальт (Co), нікель (Ni), бор (B), молібден (Mo), купрум (Cu), стибій (Sb);

III клас: барій (Ba), вольфрам (W), манган (Mn), ванадій (V), стронцій (Sr).

Значна література присвячена питанням відновлення та реабілітації ґрунтів. Так, Н. Х. Грабак зазначає, що серед фізичних заходів реабілітації забруднених важкими металами ґрунтів заслуговують на увагу такі, як переміщення забрудненого прошарку за межі формування основної маси коріння; видалення забрудненого прошарку ґрунту й нанесення незабрудненого, посилення адсорбції забруднювачів

шляхом внесення адсорбентів, у тому числі й органічних добрив, промивання розчинних форм забруднювачів зрошувальними водами (Kernichna, 2002). З хімічних заходів реабілітації ґрунту варто звернути увагу на такі: усунення кислої реакції ґрунтового розчину, добір реагентів для переведення забруднювачів у нерозчинну форму або у нешкідливі сполуки; застосування інактиваторів важких металів, внесення фосфатних добрив для зменшення токсичної дії міді, цинку, кадмію, внесення сорбентів важких металів; внесення карбонатів, доломітового борошна, фосфогіпсу, подрібненої соломи та інших органічних добрив для зменшення рухомості важких металів; пошук та внесення хімікатів для зв'язування пестицидів у нерозчинні форми; очищення від хлорорганічних та циклодієнових інсектицидів; обробка ґрунту сполуками заліза для дегалогенування пестицидів. Найефективнішими біологічними заходами реабілітації забруднених важкими металами земель є: вилучення забруднювачів за допомогою рослин-накопичувачів; використання бактерії *Ralstonia metallidurans* та інших мікроорганізмів, фітоекстракція, фітодеградація, фітостабілізація тощо (Karmazinenko et al., 2014; Grabac & Budykina, 2014).

Метою дослідження є визначення валового вмісту нікелю та арсену у смугах відведення автошляхів м. Суми.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводили у 2020 р. Предмет дослідження – валовий вміст нікелю та миш'яку у поверхневому шарі ґрунтового покриву смуг відведення головних автомагістралей м. Суми. Зразки ґрунту відбирали у смугах відведення на вулицях: Іллінська, Привокзальна, Г. Кондратьєва, Роменська, Металургів, Білопільська, Харківська, Героїв Крут, Миру та Ковпака. Заміри проводилися в смугах відведення на наступних відстанях від траси: 1–2 м; 10–13 м; 50–60 м.

Відповідно до галузевих будівельних норм ГБН В.2.3-



218-007:2012 України "Споруди транспорту. Екологічні вимоги до автомобільних доріг: проектування" (Diadkova & Kozlovskiy, 2012), смуги відведення автошляхів поділяються на категорії: зона впливу 300–2000 м; захисна смуга 30–300 м; резервно-технологічна смуга 12–30 м. Дослідження проводили у межах резервно-технологічних та захисних смуг.

Разом з поняттям "зона відведення" вказані ГБН використовують також поняття "смуга, або зона впливу автомобільної дороги" – територія, що прилягає до автомобільної дороги, в межах якої проявляється вплив на навколишнє середовище внаслідок її будівництва та експлуатації. При дослідженні ґрунтів придорожного простору автодоріг, відбір проб проводили згідно із методиками, рекомендованими стандартами ISO "Якість ґрунту. Відбирання проб" (DSTU 4287:2004).

Поверхневий шар ґрунтів (0–4 см) на досліджуваній території відбирали класичним методом конверта. Пробовідбір проводили на відстані 1–2, 10–13, 50–60 м від крайової лінії автодоріг. Усі ґрунтові зразки відбирали на однаковій глибині (4–5 см). У кожній досліджуваній точці відбирали близько 100–200 г ґрунту, об'єднану пробу готували із точкових проб, відповідно до методики, рекомендованої нормативними документами (DSTU ISO 10381-5).

ґрунт висушували на відкритому повітрі до повітряно-сухого стану, видаляли залишки рослин, подрібнювали вручну в ступці товкачиком. Розтертий ґрунт просіювали через сито з отворами діаметром 0,25 мм. Просіяний ґрунт розподіляли по рівній поверхні шаром товщиною не більше 1 см. Із подрібненої і просіяної проби методом квартування відбирали аналітичні проби масою 20 г, для чого подрібнений зразок після змішування розподіляли на папері у вигляді квадрата і поділяли шпателем на чотири рівні частини. Відібрану лабораторну пробу ґрунту зберігали у пакетиках із поліетилену.

Для проведення безпосереднього аналізу вмісту окремим хімічним речовин у дослідженні було використано метод атомно-абсорбційної спектроскопії, запропонований Аланом Уолшем у 1955 р. Метод базується на поглинанні вільними атомами резонансного випромінювання при пропусканні променя світла через шар атомної пари, тобто селективному поглинанні світла атомами речовини, переведеної в атомарний газоподібний стан. Випромінювання від джерела світла, проходячи через пари речовини на частотах, які співпадають з частотою переходу електрона з основного рівня на близький до нього, поглинається. За ступенем послаблення інтенсивності спектральних ліній досліджуваного елемента визначають його концентрацію у зразку. Під час обробки результатів дослідження користувалися статистичними методами.

**Результати.** Арсен (As) – напівметалічний хімічний елемент з атомним номером 33, атомною масою 74,9, простою речовиною якого є миш'як. За звичайних умов представляє собою сірі крихкі кристали. Реагує з киснем, вкриваючись плівкою оксиду  $As_2O_3$ . Арсен – діамантний елемент. Під час конденсації парів арсену на холодній поверхні, утворюється жовтий арсен, який представляє собою прозорі, м'які, як віск кристали, схожі за властивостями на білий фосфор. Під дією яскравого світла або при слабкому нагріванні цей жовтий арсен переходить у сірий стан. Відомі також склоподібно-амор-

фні модифікації: чорний арсен і бурий арсен, які при нагріванні вище за 270 °С перетворюються на сірий арсен (Gross & Vaismantel, 1994). Сполуки арсену дуже отруйні.

Відомо понад 120 мінералів, що містять арсен. Найпоширеніші: реальгар, аурипігмент, арсенопірит – основні руди арсену знаходяться у гідротермальних жилах разом з арсенистими і стибіїстими мінералами Ni, Co, Ag та Pb. Порівняно рідкісний. Масовий кларк миш'яку у літосфері складає  $1,7 \cdot 10^{-4}$  %.

Миш'як потрапляє в організм найчастіше не в елементарній формі, а у вигляді сполук. Хронічне отруєння виявляється у роздратуванні слизових оболонок очей і верхніх дихальних шляхів. Крім того, з'являється неминаючий нежить, кашель, кон'юнктивіт, кровохаркання, а у більш важких випадках приєднуються симптоми ураження центральної нервової системи. Сполуки миш'яку мають дратівну дію на шкіру. При тривалих діях вони можуть викликати утворення злоякісних пухлин, мутацій ДНК (Novikov, 2000).

Миш'як відноситься до числа найбільш сильних і небезпечних отрут. У присутності кисню швидко утворює дуже отруйний арсенічний ангідрид. При пероральному отруєнні висока концентрація миш'яку спостерігається у шлунку, кишечнику, печінці, нирках і підшлунковій залозі, при хронічному отруєнні поступово накопичується у шкірі, волоссі і нігтях. Через інгібування різних ферментів, порушує метаболізм. Смертельна доза при прийомі всередину 0,05–0,2 г. Джерелами миш'яку, який накопичується в ґрунті, можуть бути викиди підприємств скляної, радіоелектронної, металургійної промисловостей, автомобільного транспорту (Zhuikova & Bezel, 2018).

ГДК арсену у ґрунті складає 2,0 мг/кг, середній кларковий вміст – 1,7 мг/кг (Petruk et al., 2008; Orientirovochno dopustimye koncentracii...). Дослідження поверхневого шару ґрунтів смуг відведення основних автомагістралей міста виявило, що на відстані 1–2 м від дороги у всіх мікрорайонах характерне перевищення норми ГДК, за виключенням вулиці Білопільської. При цьому по декількох вулицях – Привокзальна і Г. Кондратьєва – допустимі нормативи перевищені приблизно у 2 рази – 6,8 і 6,4 мг/кг відповідно, а по вул. Роменській – у 4 рази.

При віддаленні від автошляхів рівень забруднення зменшується й знаходиться у межах ГДК. На відстані 50 м перевищення вмісту арсену на вул. Харківській складає лише 25 %, Роменській – 12 % від гранично-допустимої концентрації (табл. 3, рис. 1).

Нікель (Ni) – метал сріблясто-білого кольору, дуже твердий, добре полірується, притягується магнітом. Атомний номер 28; атомна маса 58,70. Густина 8,9; температура плавлення 1455 °С; температура кипіння 2900 °С. Утворює тверді розчини з Fe, Co, Mn, Cu, Pt, Au, Pd, Cr та ін. Кларк елемента у земній корі  $5,8 \cdot 10^{-3}$  %. Цей метал має високу ковкість і пластичність, у хімічному відношенні має середню активність, схожу з залізом, кобальтом, міддю і благородними металами (Gross & Vaismantel, 1994). В природі існує у вигляді різних оксидів, сульфідів, силікатів і належить до стратегічних корисних копалин. Зустрічається у вулканічних породах і як вільний метал, іноді в осколках залізонікелевих метеоритів. Є компонентом Земного ядра, яке складається, переважно із заліза з домішками нікелю.

Валовий вміст арсену (As) у ґрунтах смуг відведення автомагістралей м. Суми, мг/кг

Вулиця	Відстань від автошляху, м		
	2	10	50
Іллінська	3,9	1,8	0,0
Привокзальна	6,8	3	0,6
Герасима Кондратьєва	6,4	2,8	2,0
Роменська	8,1	5,6	2,3
Металургів	2,5	0,7	0,2
Білопільська	2	1,1	0,4
Харківська, район СКД	5,4	4,3	2,5
Героїв Крут, 12 мікрорайон	2,7	0,8	0,2
Миру	2,3	0,5	0,0
Ковпака	3,6	2	0,1

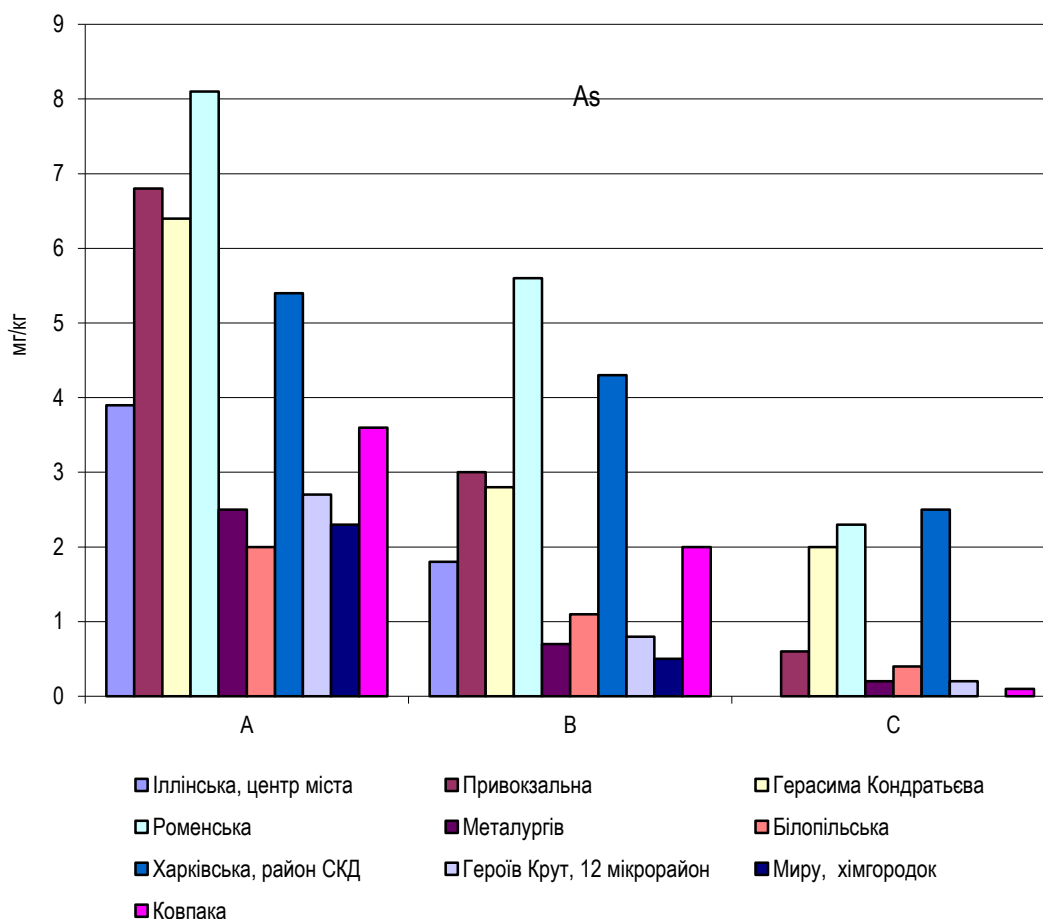


Рис. 1. Валовий вміст арсену (As) в смугах відведення автомобільних шляхів м. Суми, на різних відстанях від автошляху: А – 2 м, В – 10 м, С – 50 м.

Антропогенне надходження нікелю у навколишнє середовище на 180 % перевищує природне. Основним джерелом надходження Ni в навколишнє середовище є спалювання дизельного палива, що становить 57 % загального антропогенного надходження. Близько 25 % надходить при отриманні нікелю і його промислового використанні (Mug & Ramamurti 1987). Більше 75 % рудного нікелю використовують для виробництва понад 3000 металевих сплавів, серед яких нержавіюча сталь, ковке та ливарне залізо, купронікель. Також нікель використовується при нанесенні гальванічного покриття.

В організмі людини нікель входить до структури деяких білків, ДНК, РНК. Нормальний вміст нікелю при аналізі

волосся – до 2 мкг/г, нігтів – до 3 мкг/г. При надлишковому надходженні в організм, внаслідок побутових або виробничих факторів, спостерігається підвищена кількість нікелю при аналізі волосся і нігтів. Нікель бере участь в активації ферментів: іони Ni<sup>2+</sup> беруть участь в активації ферменту аргінази. Цей фермент каталізує розпад аргініну до орнітину і сечовини. Тим самим нікель побічно сприяє виведенню азоту з нашого тіла.

Одна з головних функцій нікелю – участь у процесі кровотворення. На процес кровотворення нікель впливає побічно, нікель є кофактором біоіганду, здатного зв'язувати залізо і переводити його з нерозчинної форми Fe<sup>3+</sup> у легко засвоювану Fe<sup>2+</sup>. Залізо надалі використовується організмом

для утворення гемоглобіну. Нікель входить до складу еритроцитів. Нікель бере участь в окисно-відновних процесах організму. Тому його концентрація вище у тих органах, в яких постійно відбуваються реакції обміну: м'язи, печінка, легені, нирки, підшлункова залоза, головний мозок і щитовидна залоза. За допомогою нікелю у наше тіло надходять такі вітаміни як В12 і С.

При надлишковому надходженні в організм людини проявляє токсичну і канцерогенну дію. Його токсична дія обумовлена інгібуванням ферментів, у людини виникає почуття тривожності, занепокоєння, синдрому хронічної втоми, можливий розвиток хвороби Паркінсона та ін. У 10–15 % населення Землі спостерігається алергія на нікель. Цей важкий метал може призводити до зниження активності металоферментів, порушення синтезу білків, ДНК і РНК. Також нікель здатний пригнічувати роботу серцево-судинної системи (Petrovska, 2014; Zhovinskiy & Kuraeva, 2002).

Основні джерела забруднення навколишнього середовища нікелем – підприємства гірничорудної промисловості,

кольорової металургії, машинобудівні, металообробні, хімічні, приладобудівні й інші виробництва, що використовують у технологічних процесах різні сполуки нікелю; теплові електростанції, що працюють на мазуті та кам'яному вугіллі; автотранспорт.

ГДК валового вмісту нікелю у ґрунті складає 4,0 мг/кг з урахуванням кларку, значення якого для ґрунтів Лісостепової природної зони становить 26,0 мг/кг, у сумі дозволений вміст нікелю складає 30 мг/кг. Дослідження виявили перевищення допустимого вмісту цього металу більше, ніж у 2 рази на вулицях Г. Кондратьєва та Харківській, та у 1,8 разів – Металургів та Роменській на відстані 1–2 м від дороги. При віддаленні на 50 м перевищення ГДК на 30 % виявлено на вул. Металургів, 6% – на вул. Г. Кондратьєва та Привокзальній. Найнижчий валовий вміст цього елемента на вулицях Героїв Крут та Миру, відповідно 19,5 та 22,5 мг/кг, що значно нижче кларку.

Показники забруднення смуг відведення автомагістралей м. Суми нікелем наведені у табл. 4 і на рис. 2.

Таблиця 4

Валовий вміст нікелю (Ni) в ґрунтах смуг відведення автомагістралей м. Суми, мг/кг

Вулиця	Відстань від автошляху, м		
	2	10	50
Іллінська	48,1	41,5	27,9
Привокзальна	51,0	42,6	34,5
Герасима Кондратьєва	63,2	55,8	35,7
Роменська	55,8	47,2	30,6
Металургів	57,5	49,2	39,7
Білопільська	45,2	37,3	25,6
Харківська, район СКД	63,4	46,0	33,0
Героїв Крут, 12 мікрорайон	42,0	30,1	19,5
Миру, хімгородок	42,0	36,8	22,5
Ковпака	52,2	45,6	24,1

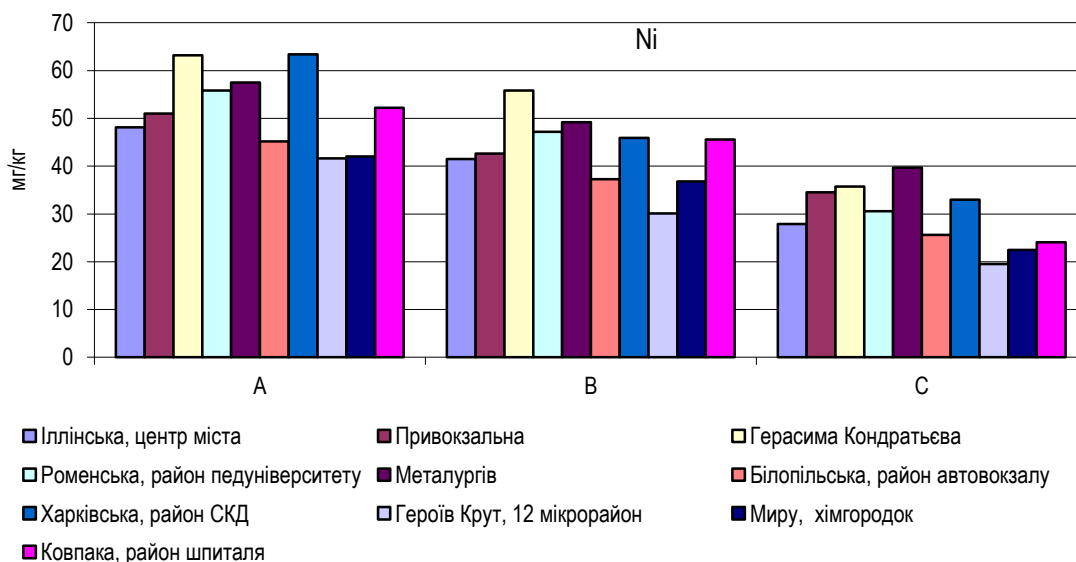


Рис. 2. Валовий вміст нікелю (Ni) в смугах відведення автомобільних шляхів м. Суми, на різних відстанях від автошляху: А – 2 м, В – 10 м, С – 50 м.

**Обговорення.** Вивченню забруднення ґрунтового покриву міських екосистем присвячена значна література. За даними Мінєєва, Спейделя і Агну (Mineev, 2004; Kovda, 1985; Speidel & Agnew, 1982), важкі хімічні елементи можна розділити на дві великі групи: до першої відносять ті, що в помір-

них кількостях необхідні для росту рослин, до другої – безпечно токсичні елементи. До корисних дослідники відносять п'ять металів: Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, до токсичних – одинадцять металів (Hg, Pb, Th, Ge, Rb, Sr, Zr, Ag, Cd, Sb, Te, Ba), чотирнадцять лантаноїдів (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) та U. Привертає увагу, що в списку токсичних

елементів відсутні Ni, і особливо As і Cr, адже токсичним властивостям хрому і миш'яку присвячена значна кількість наукових робіт (Vodjanickij, 2008; Korchagina, 2014).

Вміст нікелю і арсену в ґрунтах смуг відведення автошляхів відрізняється по різних населених пунктах та мікрорайонах міст, цей факт обумовлений різним ступенем транспортного навантаження.

За даними К. В. Вовк (Vovk, 2018), вміст нікелю у пришляхових ґрунтах м. Києва розподіляється нерівномірно. Значне забруднення локалізується у південно-східній частині міста, а також у Голосіївському районі. В окремих точках вміст нікелю досягає 70 мг/кг і вище. Середнє по Києву – 25 мг/кг, що у 2,5 разів вище за фонових значень. Також особливості розподілу важких металів та їх рухомих форм у ландшафтно-геохімічних зонах Києва приведені у роботі О. А. Жук, М. В. Язвинської та А. І. Радченко (Zhuk et al., 2017). В м. Кривий ріг у ґрунтах смуг відведення автошляхів вміст нікелю коливається в межах 100–300 мг/кг, що у 3–8 разів перевищує ГДК. Максимальний вміст нікелю на території України сягає рівня 6,7 ГДК у ґрунтах на території Гостомельського склозаводу (Nacional'na dorovid', 2011). Дослідження С. П. Кармазиненка разом із співавторами (Karmazynenko et al., 2014) показали, що в ґрунтах м. Маріуполь вміст нікелю коливається від 20 до 100 мг/кг, в той час, коли фонові концентрації цього металу в ґрунті складає 10 мг/кг.

Дослідження К. В. Корчагіної (Korchagina, 2014) вмісту важких металів в ґрунтах придорожніх смуг м. Москви показали слабке глибокопрофільне забруднення всіх розрізів миш'яком на території всього міста і значне забруднення в південно-західному окрузі. Максимальне перевищення гранично-допустимих концентрацій спостерігалися на метровій глибині, тоді як максимуми об'ємних концентрацій свинцю, кадмію та ртуті зосереджені біля поверхні ґрунту. Максимальні об'ємні концентрації цинку, нікелю та міді зосереджені на глибині 1 м і ближче до поверхні ґрунтового розрізу. В цілому, вміст нікелю в метровому шарі ґрунту в різних районах м. Москви не перевищує ГДК, а вміст миш'яку перевищує ГДК у 2–4 рази.

Проблему очищення ґрунтів від важких металів можна вирішити природним шляхом: у сучасних індустріально-розвинутих країнах широко застосовується метод фітореMediaції ґрунтів, забруднених неорганічними та органічними контамінантами. В основі цього методу лежить здатність деяких видів рослин акумулювати важкі метали у кількостях, які значно перевищують їх вміст у ґрунті (Chanu & Gupta, 2016; Tauqeer et al., 2016; Das & Mazumdar, 2016; Upadhyay et al., 2014). Гарні результати спостерігаються при використанні культурних рослин та бур'янів з родини *Brassicaceae* (Dobrovolskij, 1997; Raskin et al., 1994; Prasad, 2003).

**Висновки.** Дослідження виявили негативний вплив автошляхів на екологічний стан ґрунтів у м. Суми. Вміст нікелю, порівняно з фоновією концентрацією для ґрунтів Лісостепової природної зони, що складає 26 мг/кг, у ґрунтах резервно-технологічних смуг автошляхів на відстані 1–2 м від дороги перевищено у 2,3 рази на вул. Г. Кондратьєва та Харківській, у 2 рази – на вулицях Металургів та Роменській; на відстані 10–13 м виявлено перевищення фоновієї концентрації у 2 рази на вул. Герасима Кондратьєва, в 1,7 разів – на вул. Роменська, Металургів, Харківська, Ковпака. В ґрунтах захисних смуг на відстані 50 м від автошляхів перевищення ГДК з урахуванням фону виявлено на вул. Металургів на 30 %, вул. Г. Кондратьєва та Привокзальній – на 6 %. Найнижчий валовий вміст цього елемента виявився на вулицях Героїв Крут та Миру, відповідно 19,5 та 22,5 мг/кг, що нижче кларку на 25 % та 13,5 % відповідно. Перевищення гранично-допустимієї концентрації арсену спостерігали практично по всіх вулицях, за виключенням вул. Білопільської. При цьому у ґрунтах смуг відведення автошляхів на вулицях Привокзальна, Г. Кондратьєва ГДК перевищено у 2 рази, а по вул. Роменській – у 4 рази. Однак при цьому потрібно зауважити, що при віддаленні від автошляхів рівень забруднення зменшується й знаходиться у межах норми – на відстані 50 м перевищення вмісту арсену на вул. Харківській складає 25 %, Роменській – 12 % від гранично-допустимієї концентрації.

#### Бібліографічні посилання:

1. Gal'perin, M. V. (2003). *Jekologicheskie osnovy prirodopol'zovanija* [Ecological bases of nature management], FORUM: INFRA-M, Moskva, 256.
2. Bychinskiy, V. A., & Vashukevich, N. V. (2008). *Tjzhelye metally v pochvah v zone vlijanija promyshlennogo goroda* [Heavy metals in soils in the industrial zone of influence]. *Izd-vo Irkutskogo universiteta*, Irkutsk, 130 (in Russian).
3. A national perspective on the state of technogenic and natural safety in Ukraine in 2004. p.3.2 (2005). *Development of threats to chemical problems*. Kyiv, 67–72 (in Ukrainian).
4. Panas, R. & Malanchuk, M. (2009). *Klasyfikacija tehnogennyh g'runtiv: suchasni metodychni pidhody* [Classification of technogenic soils: modern methodical approaches]. National University "Lvivska Politehnika". *Geodesy, cartography and aerial photography*, 72, 122–127. [Electronic resource]. Access mode: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/7143/1/19.pdf> (in Ukrainian).
5. Iutyn'ska, G. O., Lohans'ka, V. Y., Pindrus, A. A., & Yamborko, N. A. (2006). *Bioremediacija g'runtiv, zabrudnennyh pestycydami* [Bioremediation of runtivs enriched with pesticides]. I-st All-Ukrainian zezd of ecologists. *Mizhnar. science and technology Conf.*, 4–7 October 2006. Tezi special stages. Vynnytsya, 134 [Electronic resource]. Access mode: [http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/1vze/3\\_s\\_1VZE.pdf](http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/1vze/3_s_1VZE.pdf) (in Ukrainian).
6. Zabelina, O. N. (2014). *Ocenka jekologicheskogo sostojanija pochvy gorodskih rekreacionnyh territorij na osnove pokazatelej biologicheskogo aktivnosti (na primere g. Vladimira)* [Assessment of the ecological state of the soil of urban recreational territories on the basis of indicators of biological activity (on the example of Vladimir)]: *dis. cand. biol. sciences: 03.02.08. Vladimir*, 147 (in Russian).
7. Khristenko, S. I., Shatokhina, S. F., Miroshnichenko, M. M., & Fateev, A. I. (2002). *Vplyv polielementnogo zabrudnennja na formuvannja i funkcionuvannja mikrobnogo cenzu chornozemu opidzolenogo* [Influence of polyelement pollution on the formation and functioning of the microbial coenosis of podzolic chernozem]. *Visnyk of Zaporizhzhya State University. Fyzyko-matematychni i biologichni nauky*, 2, 153–156 (in Ukrainian).

8. Nikitenko, M. A. (2007). Vlihanie urbanizacii na transformaciju pochvennogo pokrova i uslovija funkcionirovanija drevesnyh rastenij gorodov Srednego Predural'ja: na primere g. Sarapula i g. Kambarki [Influence of urbanization on the transformation of the soil cover and the conditions of the functioning of woody plants in the cities of the middle Cis-Urals (on the example of Sarapul and Kambarka)]: dis. Cand. biol. Sciences: 03.00.16. Izhevsk, 193 (in Russian).
9. Matvijchuk, L. Ju. (2008). Osoblyvosti zabrudnennja vazhkymy metalamy pryavtomagistral'nyh terytorij Volyns'koi' obla-sti [Particularities of obstruction with important metals in the autonomous territories of the Volyn region]: Avtoref. dys. ... kand. geogr. nauk. – L'viv: L'vivs'kyj nacional'nyj universytet imeni. Ivana Franka (in Ukrainian).
10. Vanchura, R. B. (2011). Eksperemental'ni doslidzhennja vmistu vazhkyh metaliv v ohoronnyh zonah avtomagistralej [Experimental advances against important metals in guard zones of motorways]. Geode-zija, kartografija i aerofotoznmannja, 75, 110–115 (in Ukrainian).
11. Kurbatova, A. S., Gerasimova, S. A., Reshetina, T. V., Fedorov, I. D., Bashkin, V. N., & Shcherbakov, A. B. (2005). Ocenka sostojanija pochv i gruntov pri provedenii inzhenerno-jekologicheskikh izyskanij. Serija: Jekologicheskoe soprovozhdenie gradostroitel'noj dejatel'nosti [Assessment of the state of soils and grounds during engineering and environmental surveys]. Series: Environmental support for urban planning activities. Nauchny mir, Moskva, 180 (in Russian).
12. Zhovyns'kyj, E. Ja., & Kurajeva, I. V. (2002). Geohimija vazhkyh metaliv u g'runtah Ukrai'ny [Geochemistry of important metals at the Ukrainian soils]. Naukova dumka, Kyi'v, 213 (in Ukrainian).
13. Kurajeva, I. V., Samchuk, A. I., Sorokina, L. Ju., Golubcov, O. G., & Vojtjuk Ju. Ju. (2010). Rozpodil vazhkyh metaliv u g'runtah pivdenopolis'kyh landshaftiv Kyjeva ta prymis'koi' zony [Distribution of important metals in the soil of southern Polyssya landscapes of Kyiv and suburban zone]. Mineralogichnyj zhurnal, 1, 77–91.
14. Akbar, K. F., Hale, W. H., Headley, A. D., & Athar, M. (2006). Heavy metal contamination of roadside soil of Northern England. Soil and Water Resources, 4, 158–163.
15. Petruk, V. G., Vasilivsky, I. V., Ishchenko, V. A., Petruk, R. V., & Turchik, P. M. (2013). Normuvannya of antropogenic navantazhennja on the navkolishne middle ground. Chastina 1. Normuvannya Ingridintnogo obrudnennja [Standardization of anthropogenic load on the environment. Part 1. Standardization of ingredient contamination]. Navchalniy posibnik. VNTU, Vinnytsya, 253 (in Ukrainian).
16. DSTU 4768:2007-27. Ohorona g'runtiv. Ekologichne normuvannya antropogenic navantazhennja na g'runtovyj pokryv. Osnovni polozhennja [DSTU 4768:2007-27. Soil protection. Ecological rationing of anthropogenic load on the soil cover. Substantive provisions].
17. DSTU 3980-2000 G'runtiv. Fyzyko-himija g'runtiv. Terminy ta vyznachennja [DSTU 3980-2000 Soils. Physico-chemistry of soils. Terms and definitions].
18. DSTU 4976:2008 Ohorona navkolyshn'ogo pryrodnogo seredovishha. Kompleks standartiv u sferi ohorony g'runtiv. Osnovni polozhennja [DSTU 4976:2008 Environmental protection. A set of standards in the field of soil protection. Substantive provisions].
19. Pilipenko, Yu. V., & Skok, S. V. (2015). Ocinka rivnja zabrudnennja g'runtu vazhkymy metalamy v mezhah mis'koi' systemy (na prykladi m. Herson). Biologija ta valeologija [Assessment of the level of obstruction to the ground with important metals in the boundaries of the city system (on the example of the city of Kherson). Biology and valeology. Collection of Science Practitioners of Kharkiv National Pedagogical University im. H. Skovorody, 17, 138–145 (in Ukrainian).
20. Fateev, A. I., Samokhvalova, V. L., & Naidenova, O. E. (2006). Analiz stanu zabrudnennja vazhkymy metalamy g'runtu za biologichnymy pokaznykamy [Analysis of the state of heavy metal contamination of the soil by biological indicators]. Bulletin of KhNU named after V. Karazin. Series Biology, 3(729), 158–167 (in Ukrainian).
21. Dabahov, M. V., Dabahova, E. V., & Titova, V. I. (2005). Jekotoksikologija i problemy normirovanija [Ecotoxicology and problems of rationing]. Nizhniy Novgorod, 165 (in Russian).
22. Medvedev, V. V. (2002). Monitoryng g'runtiv v Ukrai'ni [Monitoring of soils in Ukraine]. Antikva, Kharkov, 428 (in Russian).
23. Piven', M. V. (2008). Antropologichne peretvorennya r'runtovogo pokryvu mis'kih ta primis'kih teritorij. [Anthropological re-creation of the ground cover of the small and primitive territories]. Suchasni problemi ekologii ta gidrotehnologij, 17, 386–388 (in Ukrainian).
24. Kernichna, O. O. (2002) Landshaftnij analiz industrial'no-urbanizovanih teritorij (na prykladi mista Dnipropetrovs'ka) [Landscape analysis of industrial-urbanized territories (in the application of the place Dnipropetrovska)]. Author. dis. on the science. steps of cand. geographer. Sciences: spec. 11.00.11 "Constructive geography and rationalization of natural resources". Kharkiv, 22. (in Ukrainian).
25. Karmazinenko, S. P., Kuraeva, I. V., Samchuk, A.I., Voytjuk, Y. Y., & Manichev, V. I. (2014). Vazhki metali u komponentah navkolishn'ogo seredovishha m. Mariupol' (Ekologo-geohimichni aspekti) [Heavy metals in the components of the environment of Mariupol (ecological and geochemical aspects)]. Interservis, Kyiv, 168 (in Ukrainian).
26. Grabac, N. H., & Budykina, Y. I. (2014). Tehnogenno zabrudneni zemli ta shljahi ih bezpechnogo vikoristannja v agropromislovomu virobnictvi [Man-made contaminated lands and ways of their safe use in agro-industrial production]. Scientific works. Ecology, 232(220), 83–87 (in Ukrainian).
27. Diadkova, K. L., & Kozlovskiy, V. I. (2012). Vazhki metali v r'runtah zelenih zon mista Melitopolja (Zaporiz'ka oblast', Ukraina) [Heavy metals in the soils of the green zones of the city of Melitopol (Zaporizhia region, Ukraine)]. Pedology, 13, 1–2, 79–83 (in Ukrainian).
28. DSTU 4287:2004. Jakist' r'runtu. Vidbirannja prob [DSTU 4287:2004 Soil quality. Sampling].
29. DSTU ISO 10381-5. Jakist' r'runtu. Probovidbirannja. Chastina 5. Nastanovi z proceduri doslidzhennja mis'kih ta promislovih

diljanok shhodo zabrudnennja runtu (ISO 10381-5:2005, IDT) [DSTU ISO 10381-5: Soil quality. Sampling. Part 5. Guidelines for the procedure of research of urban and industrial areas on soil pollution. (ISO 10381-5:2005, IDT)]

30. Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) tjazhelyh metallov i mysh'jaka v pochvah (Dopolnenie № 1 k perechnju PDK i ODK № 6229-91): Gigenicheskie normativy [Approximately permissible concentrations (APC) of heavy metals and arsenic in soils (Supplement No. 1 to the list of MPC and APC No. 6229-91): Hygienic standards]. Information and publishing center of the State Committee for Sanitary and Epidemiological Supervision of Russia, Moskva, 8 (in Russian).

31. Gross, E. & Vaysmantel, H. (1994). Himija dlja ljuboznatel'nyh [Chemistry for the curious]. St. Petersburg, Rech, 838. (in Russian).

32. Novikov, Yu. V. (2000). Jekologija, okružhajushhaja sreda i chelovek [Ecology, environment and man]. FAIR-PRESS, Moskva, 320 (in Russian).

33. Zhuykova, T. V. & Bezel, V. S. (2018). Jekologicheskaja toksikologija [Ecological toxicology]. Yurit, Moskva, 564 (in Russian).

34. Mur, Dzh. & Ramamurti, S. (1987). Tjzhelye metally v prirodnyh vodah: Kontrol' i ocenka vlijaniya [Heavy metals in natural waters: Monitoring and evaluation of the impact]. Per. s angl., Mir, Moskva, 288.

35. Petrovska, M. (2014). Ekologichna toksykologija [Ecological toxicology: an initial methodical book]. Lviv, LNU imeni Ivana Franka, 116 (in Ukrainian).

36. Zhovinskiy, E. Ya., & Kuraeva, I. V. (2002). Geohimija tjazhelyh metallov v pochvah Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in the soils of Ukraine]. Naukova dumka, Kyiv, 213 (in Russian).

37. Mineev, V. G. (2004). Agrohimija [Agrochemistry]. Izd-vo Mosk. un-ta, Moskva, 719 (in Russian).

38. Kovda, V. A. (1985). Biogeohimija pochvennogo pokrova [Biogeochemistry of soil cover]. Nauka, Moskva, 263 (in Russian).

39. Speidel, D. H., & Agnew, A. F. (1982). The natural geochemistry of our environment. Boulder (Col.). Westview press, 214.

40. Vodjanickij, Ju. N. (2008). Tjzhelye metally i metalloidy v pochvah [Heavy metals and metalloids in soils]. Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, Moskva, 164.

41. Korchagina, K. V. (2014). Ocenka zagrjaznenija gorodskih pochv tjazhelymi metallami s uchetom profil'nogo raspredelenija ih obemnyh koncentracij [Assessment of pollution of urban soils with heavy metals, taking into account the profile distribution of their volumetric concentrations]. Avtoref. dis. ...kand.biol.nauk: 03.02.13: RAN, Moskva (in Russian).

42. Vovk, K. V. (2018). Geohimija mikroelementiv v ob'ektah dovkillja Kyi'vs'koi' aglomeracii' [Geochemistry of microelements in the facilities of the Kiev agglomeration]. Avtoref. dys. ...kand.geol.nauk: 04.00.02: NANU, In-t geohimii', mineralogii' ta rudoutvorenija im. M.P. Semenena. Kyi'v, 20 (in Ukrainian).

43. Zhuk, O. A., Jazvyns'ka, M. V., & Radchenko, A. I. (2007). Vplyv Kyi'vs'kogo megapolisu na migraciju vazhkyh metaliv u g'runtah prylyglyh rekreacijnyh zon [The impact of the Kiev metropolis on the migration of heavy metals on the soils of adjacent recreational areas]. Mineralogichnyj zhurnal, 29(4), 75–81 (in Ukrainian).

44. Nacional'na dopovid' pro stan navkolyshn'ogo pryrodnogo seredovyshha v Ukrai'ni u 2009 roci [National report on the state of the environment in Ukraine in 2009] (2011). Kyi'v, Centr eko-logichnoi' osvity ta informacii', 383 (in Ukrainian).

45. Chanu, L. B., & Gupta, A. (2016). Phytoremediation of lead using *Ipomoea aquatica* Forsk. in hydroponic solution. Chemosphere, 156, 407–411. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.05.001

46. Tauqeer, H. M., Ali, S., Rizwan, M., Ali, Q., Saeed, R., Iftikhar, U., Ahmad, R., Farid, M., & Abassi, G. H. (2016). Phytoremediation of heavy metals by *Alternanthera bettzickiana*: Growth and physiological response. Ecotoxicology and Environmental Safety, 126, 138–146. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.12.031

47. Das, D., & Mazumdar, K. (2016). Phytoremediation potential of a novel fern, *Salvinia cucullata*, Roxb. Ex Bory, to pulp and paper mill effluent: Physiological and anatomical response. Chemosphere, 163, 62–72. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.08.013

48. Upadhyay, A. K., Singh, N. K., & Rai, U. N. (2014). Comparative metal accumulation potential of *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton crispus* L.: Role of enzymatic and non-enzymatic antioxidants in tolerance and detoxification of metals. Aquatic Botany, 117, 27–32. doi: 10.1016/j.aquabot.2014.04.003

49. Dobrovolskij, V. V. (1997). Biosfernye cikly tjazhelyh metallov i reguljatornaja rol' pochvy [Biosphere cycles of heavy metals and the regulatory of soil]. Pochvovedenie, 4, 431–441 (in Russian).

50. Raskin, I., Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, S., & Salt, D. E. (1994). Bioconcentration of heave metals by plants. Current Opinions in biotechnology, 5, 285–290. doi: 10.1016/0958-1669(94)90030-2

51. Prasad, I. M. (2003). Prakticheskoe ispol'zovanie rastenij dlja vosstanovlenie ekosistem, zagrjaznennyh metallami [Practical use of plants to restore metal-contaminated ecosystems]. Fiziologija rastenij, 50(5), 764–780 (in Russian).

**Tykhonova O. M.**, PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kyrylchuk K. S.**, PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Shapoval V. P.**, Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **INVESTIGATION OF GROSS CONTENT OF NICKEL AND ARSENE IN MOTORWAY TRAINS OF SUMY**

The issue of studying the polluting impact of vehicles on the ecological condition of the city is important and urgent. An indicator of this impact are the soils of the right-of-way. Urban soils are a basic component of urban ecosystems, as they perform a number of important ecological and economic functions and largely determine the living conditions of people.

The purpose of the study is to conduct a quantitative analysis of the level of nickel and arsenic contamination of the surface

layer of the soil of the right-of-way of the main highways of Sumy.

It was found that compared to the background concentration, the nickel content in the soils of the reserve-technological strips at a distance of 1–2 m from the road is exceeded 2.3 times on the G. Kondratieva and Kharkivska streets, 2 times – on Metallurgiv and Romenska streets; at a distance of 10–13 m, the background concentration of 26 mg/kg was exceeded 2 times on Gerasim Kondratiev, 1.7 times – on the Romenskaya, Metallurgists, Kharkivskaya, Kovpaka streets. In the soils of protective strips at a distance of 50 m from the roads, the excess of the MPC, taking into account the background, was found on the street. Metallurgiv - by 30 %, Gerasim Kondratiev and Pryvokzalna – by 6 %. The lowest gross content of this element was found on Heroiv Krut and Myru streets, 19.5 and 22.5 mg/kg, respectively, which is 25,0 % and 13.5 % lower than Clark, respectively. Exceeding the maximum allowable concentration of arsenic was observed on almost all streets, except for the Bilopilska street. Thus, in soils of lanes of assignment of highways on Privokzalna, Gerasim Kondratiev streets the maximum concentration limit is exceeded 2 times, and on Romenskaya street – 4 times. However, it should be noted that when moving away from highways, the level of pollution decreases and is within normal limits - at a distance of 50 m exceeding the arsenic content on the Kharkivska street – 25 %, Romenska street – 12 % of the maximum allowable concentration.

**Key words:** heavy metals, nickel, arsenic, soil pollution, highway lanes.

Дата надходження до редакції: 29.08.2019 р.

## МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Троценко Володимир Іванович**

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-8101-0849  
vtrotsenko@ukr.net

**Кабанець Віктор Михайлович**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН України, с. Сад, Україна  
ORCID: 0000-0002-5981-7184  
kabanetsv@ukr.net

**Яценко Віталій Миколайович**

аспірант  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
vitaliiyatsenko1@gmail.com

**Колосок Інна Олександрівна**

аспірантка  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ikolosok85@gmail.com

*Товарні посіви соняшника представлені в усіх областях України, у т. ч. у зоні північного Лісостепу та Полісся, яка суттєво відрізняється за ґрунтовими умовами від регіонів традиційного поширення культури. Такий стан потребує теоретичного узагальнення та експериментальних досліджень із розробки моделі сорту соняшнику з високим рівнем адаптованості до нових умов вегетації.*

*У загальному плані оцінку рівня адаптованості генотипів до умов зони забезпечують демонстраційні полігони. Найбільш повно асортимент вітчизняних та зарубіжних гібридів соняшнику, орієнтованих на зону північно-східного Лісостепу та Полісся, представлений на демонстраційному полігоні Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (Інституту СГПС НААН України). Дослідження проводили у рамках програми з розробки моделі сорту для умов північно-східного Лісостепу та Полісся України, номер державної реєстрації 0116U001506, що виконувалася у 2016–2020 рр. в Інституті СГПС НААН України та Сумському національному аграрному університеті. У дослідженнях щорічно тестували 28–56 гібридів різних установ оригінаторів.*

*Проаналізовано загальну динаміку посівних площ, урожайності та валового виробництва соняшнику в Сумській області у 2016–2020 роках. Встановлено, що вищі, порівняно із середніми у державі, показники урожайності культури обумовили підвищення темпів щорічного збільшення посівних площ із 2–5 % у 2010 до 11 та 16 % у 2019 і 2020 роках. Наразі частка соняшнику в структурі орних земель області складає 25,4 % при 19,7 % у середньому в Україні. Збереження такої динаміки у найближчій перспективі може стати основним обмежуючим фактором зростання урожайності.*

*За результатами аналізу погодних умов, показників вегетативного та генеративного розвитку гібридів на демонстраційному полігоні розраховано 2-х рівневий алгоритм реалізації генеративного потенціалу. Він визначається тривалістю вегетаційного періоду та належністю гібридів до груп залежно від моделі формування урожайності. Встановлено, що у роки наближені до середньобагаторічних, різниця в один день вегетації пропорційна урожайності – 34 кг/га у більш посушливі та жаркі роки значення збільшується до 50 кг/га.*

*Здатність гібридів забезпечувати розрахункові показники середньої урожайності (за 3 і більше років) визначено як базовий рівень їх адаптованості до умов зони. Визначені мінімальні значення показників із високим рівнем кореляції з параметрами продуктивності рослин. За результатами аналізу значень показників, їх стабільності у різних погодних умовах встановлено різницю в алгоритмах формування урожайності. Проаналізовано параметри груп моделі, формування продуктивності яких забезпечували вищий від базового рівень адаптованості гібридів до умов зони.*

*Встановлено, що модель із задовільним рівнем адаптованості реалізується за рахунок незначного перевищення значень базових показників, що визначають розвиток листкового апарату рослин та структуру їх продуктивності. Моделі із вищим рівнем адаптованості характеризуються суттєвим перевищенням базових значень за кількома або більшістю показників.*

**Ключові слова:** соняшник, урожайність, погодні умови, моделі сортів, адаптація.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.9>

**Вступ.** Соняшник є основною олійною культурою України. Стейка тенденція до потепління та аридизації клімату, | а також успіхи селекції у створенні високоурожайних, ранньорічних сортів соняшника.



стиглих сортів і гібридів, зумовили суттєве зміщення вегетаційної лінії культури на північ. Наразі товарні посіви соняшника представлені у всіх областях України, у т. ч. у зоні північного Лісостепу та Полісся, які суттєво відрізняються за ґрунтовими умовами від регіонів традиційного поширення культури. Такий стан потребує теоретичного узагальнення та експериментальних досліджень із розробки моделі сорту соняшнику з високим рівнем адаптованості до нових умов вегетації.

Первинно термін «модель сорту» був запропонований Доналдом (Donald, 1968) у розумінні комплексу ознак майбутнього сорту, або програми селекційної роботи над створенням нового генотипу. Пізніше у процесі сортової диференціації культур відбулося розширення терміну, як такого, що узагальнює характеристики окремих груп сортів, технологічні схеми їх вирощування та алгоритми формування урожайності. Особливо це стосувалося культур, де сортові відмінності доповнювалися технологічними та зональними особливостями їх вирощування (Сессоні & Baldini, 1999). У сучасній виробничій літературі поєднання селекційних та технологічних характеристик генотипу досить часто визначається як його адаптованість до комплексу агрокліматичних умов.

Наразі до «Реєстру сортів...» включено більше 500 гібридів соняшнику, створення яких проходило у різноманітних екологічних умовах (<http://www.minagro.gov.ua/storage/app/uploads/public>). Неможливість розробки такої кількості індивідуальних сортових (у т. ч. зональних) технологій зумовлює необхідність групового підходу з урахуванням специфіки алгоритмів формування урожайності (Zelenskiy & Agaev, 2007).

Орієнтація більшості селекційних центрів на зони Степу, південного та центрального Лісостепу зумовлюють відсутність чітких рекомендацій стосовно оптимальних технологічних параметрів рослин та посівів соняшнику у зонах що характеризуються тривалим періодом «холодного ґрунту», його підвищеною кислотністю, суттєвими коливаннями добових температур у ювенільній фазі розвитку. Відсутність такої інформації знижує ефективність контролю стану посівів у різні фази вегетації, ускладнює прийняття рішень щодо виконання агротехнічних заходів, направлених на регулювання густоти посіву, розвитку листової поверхні тощо.

У загальному плані оцінку рівня адаптованості генотипів до умов зони при використанні базових технологій вирощування забезпечують демонстраційні полігони. Найбільш повно асортимент вітчизняних та зарубіжних гібридів соняшнику, орієнтованих на зону північно-східного Лісостепу та Полісся, представлений на демонстраційному полігоні Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (Інституту СГПС НАН України).

Метою досліджень було: узагальнення та оцінювання сучасного стану та перспективи культури соняшнику в Сумській області, а також визначення механізмів підтримки стабільності генеративних функцій рослин, залежно від природи генотипів та їх адаптованості до умов регіону.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводили у рамках програми з розробки моделі сорту для умов

північно-східного Лісостепу та Полісся України, номер державної реєстрації 0116U001506, що виконувалася в 2016–2020 рр. в Інституті СГПС НААН України та Сумському національному аграрному університеті. У дослідженнях щорічно тестували 28–56 гібридів різних установ оригінаторів, а саме: Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, Інституту олійних культур НААН України, Селекційно-генетичного інституту НААН України та Сумського НАУ. Крім вітчизняних, у дослідках були представлені іноземні селекційні центри: «Євраліс Семанс», «Лімагрейн Юроп», «Сінгента Сідз С. А. С.», Інститут польовництва м. Нові Сад (Сербія).

Визначення параметрів розвитку рослин проводили у фазу цвітіння. Площу листків визначали методом висічок (Nichiporovich, 1996). Вміст хлорофілу – за допомогою вимірювача рівня хлорофілу N-тестера SPAD-502 Plus виробництва Minolta optics, із калібруванням шкали за результатами лабораторного аналізу з використанням фотоколориметра КФК–3.01 (Musiyenko et al., 2001)

Аналіз погодних умов проводили за даними метеостанції Інституту СГПС НААН України. Для порівняння умов вегетаційного періоду (травень–серпень) використовували показники суми температур, суми опадів, їх середньо-багаторічне значення та гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК).

Попередником у всі роки досліджень були ярі зернові (ячмінь, овес). Обробіток ґрунту з осені – покращений зяб, весною – закриття вологи, культивация. Перед культивацияю вносили мінеральні добрива – нітроамофос (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>), 200 кг/га. Сівбу проводили в останню декаду квітня, на глибину 4,5 см, із нормою висіву 70,0 тис./га та внесенням у рядки аміачної селітри (N<sub>34</sub>) – 50 кг/га. Основний (ґрунтовий) гербіцид – Прометрекс. Страховий гербіцид – Фюзілад Форте 150 ЕС. На початку фази бутонізації проводили обробку фунгіцидом Амістар Екстра. Кінцева (передзбиральна) густина – 60 тис./га. Збирання врожаю проводили вручну, з двох центральних рядків 4-х рядкової ділянки.

Результати оброблено з використанням пакету Statistica 6.0 (Carenko et al., 2000). Коментар та узагальнення виявлених залежностей викладені з урахуванням специфіки біологічних об'єктів (Rostova, 2002; Lakin, 1980).

**Результати.** За даними Департаменту агропромислового розвитку Сумської ОДА, останні п'ять років були визначальними у становленні Сумської області як виробника олійного насіння (<http://www.apk.sm.gov.ua>) (табл. 1). У 2020 році Сумська область вперше ввійшла до числа 5 областей, а саме Харківської, Кіровоградської, Полтавської, Дніпровської, які сумарно забезпечують 50 % від валового виробництва соняшнику в Україні. Частка області у валовому обсязі урожаю склала 6,9 %, при цьому частка посівних площ склала лише 4,3 % від загальної площі посівів соняшнику в державі. Погіршення на більшій території держави в 2020 році умов вегетації ярих культур забезпечили лідерство Сумської області за показником урожайності. Середня урожайність соняшнику у поточному (2020) році склала 3,24 т/га що на 58,1 % більше, ніж у середньому в Україні – 2,05 т/га.

Динаміка посівних площ та урожайності соняшнику в Сумській області

Показник	Роки				
	2016	2017	2018	2019	2020
Площа, тис. га	197,4	201,4	213,3	236	274,5
Урожайність, т/га	2,48	2,56	2,91	3,28	3,24
Валовий урожай, тис. т	488,4	516,3	621	774,4	889,7
Зміна показника, % до попереднього року					
Площа, тис. га		+ 2,03	+ 5,91	+ 10,64	+ 16,31
Урожайність, т/га		+ 3,23	+ 13,67	+ 12,71	- 1,2
Валовий урожай, тис. т		+ 5,71	+ 20,28	+ 24,70	+ 14,89

Суттєво вищий, порівняно із середніми у державі, рівень урожайності протягом останніх п'яти років обумовив прискорення темпів зростання посівних площ соняшнику в області. Якщо в період із 2010 до 2015 щорічне зростання посівних площ не перевищувало 3–5 % то у 2019 цей показник склав 10,6 %, а у 2020 16,2 %. Висока інтенсивність зростання посівних площ зумовила входження області до числа регіонів із вищою, порівняно з середньою в Україні, концентрацією культури. Наразі (2020 р.) посіви соняшнику в Україні склали 6,36 млн га або 19,7 % від загальної площі орних земель, тоді як у Сумській області цей показник становив 274,5 тис. га або 25,4 %. Збереження темпів зростання посівних площ, у найближчій перспективі, може стати одним із обмежуючих факторів зростання урожайності й прогнозованого збільшення собівартості вирощування соняшнику, у зв'язку з погіршенням фітосанітарного стану посівів.

Важливим аспектом розуміння динаміки урожайності соняшнику є аналіз погодних умов, оскільки цей фактор є визначальним в умовах зони, що донедавна вважалася малоперспективною для товарного вирощування олійного насіння. На рисунку 1 наведено просторове розміщення вегетаційних

періодів 2016–2020 рр. за шкалами суми температур та суми опадів. Загалом, усі вегетаційні періоди мали вищий порівняно з нормативним (середньобагаторічним) показник суми температур. При цьому лише 2016 рік характеризувався суттєвим (+58,4 %) перевищенням показника кількості опадів. У інші роки прослідковувалась загальна тенденція до потепління та аридизації клімату. Найбільш чітко це проявилось у 2018 році, що характеризувався суттєвим перевищенням показника суми температур (+ 19,3 %) та нижчим показником кількості опадів (-52,5 % до середньобагаторічного).

Враховуючи дані попередніх досліджень щодо впливу погодних умов на урожайність соняшнику (Тросенко & Zhatoва, 2015, 2018) та дані інших дослідників (Zhemchuzhin, 2009; Melnik, 2004), було встановлено, що період характеризувався проявом двох типів погодних умов, а саме: подібні до середньобагаторічних із значенням ГТК, наближеним або більшим за одиницю (2016, 2017 та 2020) та роки, близькі до аномальних за значеннями суми температур та опадів (2018 та 2019 роки) – із значенням ГТК менше 0,5.

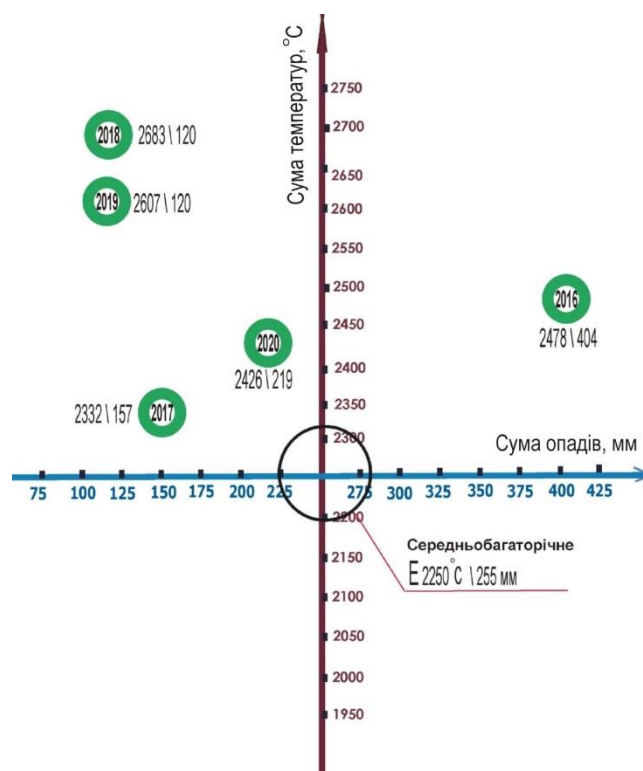


Рис. 1. Сума температур та опадів за травень–серпень 2016–2020 років порівняно до середньобагаторічних значень (Метеостанція Інституту СГПС НААН України).

Одним із визначальних факторів зростання урожайності соняшнику, як у регіоні, так і загалом у державі, є суттєве розширення сортового асортименту та виокремлення груп із різними алгоритмами формування урожайності. Разом із тим, частина базових (у процесах доместикації) ознак залишаються визначальними у процесах формування потенціалу генотипу та його реалізації у конкретних умовах (Kirichenko, 2005). Першочерговою ознакою у цьому переліку є тривалість вегетаційного періоду (Zhuchenko, 1990). Диференціація культури за тривалістю вегетації забезпечує виокремлення груп із відмінними від інших механізмами формування уро-

жайності, фенотипом рослин та архітектонікою посіву. В комплексі це забезпечує близьку до пропорційної залежність між тривалістю вегетації генотипів та їх продуктивністю. Однак за різних погодних умов ця залежність може змінюватися.

Було встановлено, що різниця в умовах вегетації рослин у періоди 2016, 2017, 2020 та 2018, 2019 рр. супроводжувалася змінами показників реалізації генеративного потенціалу гібридів. У таблиці 2 наведено регресійні моделі урожайності посівів соняшнику у середньому для виділених періодів, де  $Y$  – урожайність (т/га);  $X$  – тривалість вегетаційного періоду (днів).

Таблиця 2

Регресійні моделі урожайності генотипів соняшнику залежно від тривалості вегетації (демонстраційний полігон ІСГПС НААН України, 2016–2020 рр.)

Середнє для періоду, роки	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, $R^2$
2016, 2017, 2020	$Y = -0,8684 + 0,028 \cdot X;$	0,72
2018; 2019	$Y = -2,1736 + 0,045 \cdot X;$	0,82

Аналіз розрахованих моделей вказував, що в роки близькі до середньо-багаторічних різниці в один день вегетації була пропорційна різниці в 34 кг/га насіння. У роки, близькі до екстремальних за рівнем теплозабезпечення, цей показник наближався до 50 кг/га. Таким чином, у найбільш розповсюджених групах комерційних гібридів, представлених на демонстраційному полігоні, залежність між тривалістю вегетації та урожайністю носила опосередкований характер і варіювала залежно від умов року.

Наступним етапом досліджень було виокремлення основних моделей формування продуктивності рослин різних генотипів залежно від їх адаптованості до певного типу погодних умов. Усього було виділено 5 моделей. На основі мінімальних значень груп, що стабільно забезпечували вищий від розрахункового (на основі регресійних моделей) рівень урожайності були визначені мінімальні (базові) параметри моделі з достатнім рівнем адаптованості до умов зони, таблиця 3.

Таблиця 3

Базові параметри моделі сорту соняшнику для умов північно-східного Лісостепу

ПОКАЗНИК	ЗНАЧЕННЯ
Тривалість вегетації / дата технологічного дозрівання	115–120 днів/до 20 вересня
Маса 1000 шт. насіння, г;	65,0
Кількість насіння, шт./рослину;	900,0
Коефіцієнт ЛПП, $m^2/m^2$ ;	3,0
Щільність листової пластинки, $g/m^2$ ;	450,0
Концентрація хлорофілу, $g/m^2$	0,60
Ярусність листового полог, $m^2/m$	0,35

Гібриди з такими показниками, залежно від умов року та тривалості вегетації, формували урожайність на рівні 3,2–3,5 т/га. У графічних моделях (рис. 2), базові значення показників були прийняті за одиницю.

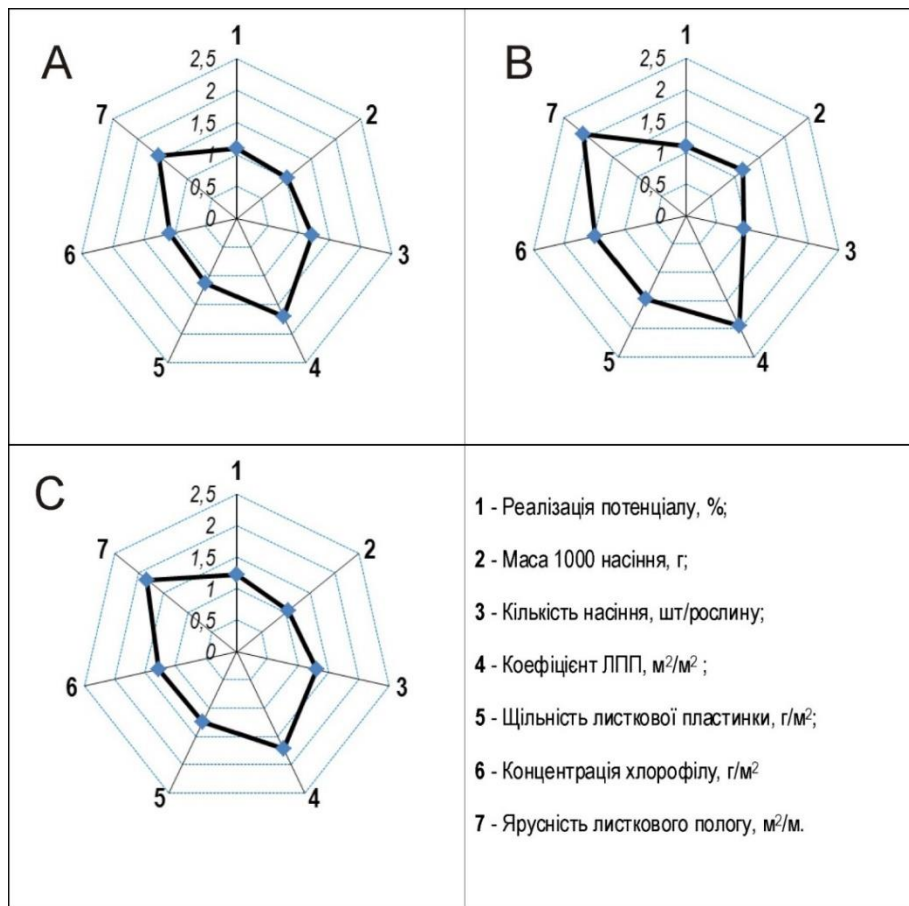
Модель «А» із задовільним рівнем адаптованості була реалізована в гібридів: Арлет, Спайсі, Славсон, Вінченце, Альзан, Патриція, Мішель, Силует, Тео, Равелін. Модель «В» у гібридів: Ясон, Політ 2, Божедар, Kodru. Модель «С» об'єднувала гібриди: Спрінгбокс, Фундатор, Пріоритет, Регіон, Агент.

**Обговорення.** Формування запасних поживних речовин у соняшнику потребує тривалого періоду, пов'язаного з перетворенням продуктів фотосинтезу у жири та білок. Вважається, що різниця в один день тривалості вегетації пропорційна різниці в 20–25 кг/га виходу олії або 0,06–0,08 т насіння/га (Yegorov, 2019; Bartholomew & Olubukola, 2020; Canavar, 2010).

Однак, залежно від особливостей гібриду та рівня його адаптованості до умов довкілля, це співвідношення може змінюватися. Так результати досліджень Ангаді та Ентз (Angadi & Entz, 2002) вказують, що згадана різниця проявляється як середнє між групами стиглості, тоді як в межах кожної із груп різниця є менш вираженою. Узагальнення особли-

востей формування урожайності соняшнику в різних кліматичних умовах, проведені Абдельсатар та ін. (Abdelsatar et al. 2015) та Маринкович та ін. (Marinkovic et al., 2011), вказують на наявність кількох типів формування урожайності, що реалізуються на рівні груп із різною тривалістю вегетації. Найбільш чітко різниця між алгоритмами формування урожайності простежується у групах ультраранньостиглих та пізньостиглих генотипів. Ці відмінності базуються на морфологічних відмінностях рослин й різниці у їх реакції на довжину дня. Формування урожайності в інших групах (ранньо- та середньостиглі) залежно від природи сорту та умов його вегетації відбувається за змішаним типом або з переважанням одного із названих алгоритмів.

Таким чином, виявлена різниця у значеннях регресійних моделей вказує на досить широкий діапазон пластичності представлених у виробництві гібридів, що за певних погодних умов (наближені до середньобагаторічних) дозволяє прогнозувати стабілізацію і навіть зростання середньої урожайності за рахунок гібридів з тривалістю вегетації до 110 днів. Однак зростання частоти років із наближенням до екстремального рівня тепло- та вологозабезпечення буде вимагати оновлення сортового асортименту на користь генотипів із переважанням пізньостиглих характеристик.



**Рис. 2.** Моделі формування урожайності гібридів соняшнику в умовах північно-східного Лісостепу України (2016–2020 роки):

**А** – Задовільний рівень адаптованості з урожайністю 2,8–3,0 т/га; **В** – Висока адаптованість окремих ознак (2,5–3,5 т/га); **С** – Висока адаптованість більшості ознак (3,2–3,8 т/га).

Наявність дворівневої моделі формування продуктивності рослин соняшнику забезпечує можливість системного підходу до вибору гібридів, виходячи із прогнозованих умов вегетаційного періоду, структурних та ґрунтових особливостей господарства. Визначення базових параметрів розвитку листового апарату рослин у генотипів із різними алгоритмами формування урожаю наразі є інформативною ознакою диференціації колекцій соняшнику (Demurin & Borisenko, 2011; Goryunova et al., 2019). У практичному аспекті це забезпечує можливість контролю параметрів посівів на різних етапах вегетації.

Важливим, у розрізі конкретних моделей є технологічне забезпечення параметрів, із вищими за базовий рівень показниками. Так, у моделі «А» лише 2 із шести параметрів більше, ніж на 50 % перевищували базові показники а саме: коефіцієнт листової поверхні посіву (м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>) та показник ярусності листового полог (м<sup>2</sup>/м). Останній, визначався як відношення площі листків до висоти рослин. Значення цих показників були стабільними в усі роки досліджень, що вказує на високий рівень їх генетичної фіксованості. Збалансованість параметрів розвитку стебла (висоти) та листового апарату забезпечували достатній рівень освітленості у посіві й тривалий період функціонування нижнього ярусу листків. Такий стан було відмічено як у близькій до середньобогаторічних, так і у посушливі роки. Ефективність цієї схеми вегетації підтверджується

дослідженнями в умовах більш посушливого клімату країн Чорноморського регіону (Каца, 2020; Balalić et al., 2013) та північної Африки (Ahmed & Abdella, 2009).

Достатньо ефективною в умовах зони була модель «В» із високим рівнем адаптованості окремих ознак. Модель поєднувала ознаки попередньої групи, а саме високі показники розвитку листової поверхні з вищим за середній показником висоти рослин та характеризувалася низкою ознак, що проявлялися у роки з близьким до середньобогаторічного показником суми температур та опадів (2016, 2017 та 2020). Передусім це стосувалось кількості насіння в кошику (шт.) та щільності листової пластинки. Механізмом реалізації останнього був підвищений рівень жилкування (г/м<sup>2</sup>). Саме цей показник, на думку багатьох дослідників, вказує на здатність рослин ефективно використовувати додаткові резерви середовища та забезпечувати позитивний баланс фотосинтезу у більш широкому діапазоні умов (Аксюпов, 2007).

Максимальний рівень ефективності в умовах зони проявляла модель С. На відміну від моделі В, гібриди, що формували цю групу мали стабільні показники урожайності на рівні 3,4–3,7 т/га, Висока урожайність забезпечувалася стійкими значеннями показників вегетативного розвитку рослин, а саме площі листової поверхні, щільності листової пластинки та концентрації хлорофілу. Високі значення перерахованих ознак у посушливі 2018 та 2019 роки забезпечували достатній рівень виповненості насіння та його маси. На думку

багатьох дослідників, здатність рослин соняшнику зберігати активний транспорт продуктів фотосинтезу у процесі наливу насіння тісно корелює з тривалістю функціонування нижнього та середнього ярусів листків (Li et al., 2018).

**Висновки.** Розраховано 2-х-рівневий алгоритм реалізації генеративного потенціалу гібридів, що визначається тривалістю їх вегетаційного періоду та різницею у моделях сортів за показниками розвитку листового апарату й структурних показників продуктивності рослин. У роки, наближені до середньобагаторічних за показниками суми температур та

опадів, різниця між урожайністю гібридів та тривалістю їх вегетації є знижується. В роки, близькі до екстремальних за рівнем тепло- та вологозабезпечення, різниця в один день вегетації пропорційна 50 кг насіння/га.

На рівні груп із різними моделями формування урожайності адаптованість до умов зони визначається кількістю параметрів, значення яких суттєво перевищують базовий рівень. Виділено моделі із задовільним рівнем адаптованості, високою адаптованістю окремих ознак та високою адаптованістю за більшістю ознак.

#### Бібліографічні посилання:

1. Donald, C. M. (1968). The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*, 17, 385–403.
2. Cecconi, F., & Baldini, M. (1999). Genetic analysis of some physiological characters in relation to plant development of a sunflower - *Helianthus annuus* L. diall cross. *Helia*, 14, 93–100.
3. Derzhavnij reestr sortiv roslin, pridatnih dlja poshirennja v Ukraїni na 2010 rik [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2020]. [Electronic resource]. Access mode: <https://minagro.gov.ua/storage/app/uploads/public/5d6/4fa/731/5d64fa731fd02026374899.pdf> (data zvernennja 04.10.2020) (in Ukrainian).
4. Zelenskij, M. I., & Agaev, M. G. (2007). Nekotrye tendencii jevoljucionnoj izmenchivosti fotosinteza kul'turnyh rastenij [Some trends in the evolutionary variability of photosynthesis of cultivated plants]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 164, 361–377 (in Russian).
5. Nichiporovich, A. A. (1996). Fotosintez i voprosy povyshenija urozhajnosti rastenij [Photosynthesis and issues of increasing plant productivity]. *Vestnik selskohozjajstvennoj nauki*, 19(2), 1–12 (in Russian).
6. Musiyenko, M. M., Parshikova, T. V., & Slavniy, P. S. (2001). Spektrometrichni metodi v praktici fiziologii, biohimii ta ekologii roslin [Spectrometric methods in the practice of plant physiology, biochemistry and ecology]. *Fitocentr*, Kyiv (in Ukrainian).
7. Carenko, O. M., Zlobin, Ju. A., Skljар, V. G., & Panchenko, S. M. (2000). Kompjuterni metodi v silskomu gospodarstvi ta biologii [Computer Methods in Agriculture and Biology]. *Universitetska kniga*, Sumi (in Ukrainian).
8. Rostova, N. S. (2002). Korreljacija: struktura i izmenchivost [Correlations: structure and variability]. *Izdatelstvo S-Peterb. Un-ta, SPb* (in Russian).
9. Lakin, G. F. (1980). *Biometrija [Biometrics]*. Vysshaja shkola, Moscov (in Russian).
10. Departament agropromyslovogo rozvytku Sums'koї Oblderzhadministracii [Department of agro-industrial development of Sumy administration]. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.apk.sm.gov.ua/index.php/uk/2013-04-18-21-50-12.pdf> (data zvernennja 10.11.2020) (in Ukrainian).
11. Trocenko, V. I., & Zhatova, G. O. (2015). Etapi formuvannja produktivnosti roslin ta urozhajnist posiviv sonjashniku [Stages of formation of plant productivity and yield of sunflower crops]. *Visnik centru naukovogo zabezpechennja APV Harkivskoї oblasti*, 18, 165–173 (in Ukrainian).
12. Trocenko, V. I., & Zhatova, G. O. (2018). Parametri fotosintetichnogo aparatu sonjashniku v modeljah sortiv dlja zoni pivnichno-shidnogo Lisostepu ta Polissja [Parameters of photosynthetic sunflower apparatus in varieties models for the area of the northeast Forest-Steppe and Polissia]. *Visnik Sums'kogo NAU*, 8(35), 53–58 (in Ukrainian).
13. Zhemchuzhin, V. Ju. (2009). Formuvannja urozhaju sonjashniku riznih naprjamiv vikoristannja zalezno vid umov mineralnogo zhivlennja [Formation of sunflower crop of different directions of use depending on the conditions of mineral nutrition]. *Visnik Lvivskogo NAU: Agronomija*, 13, 367–371 (in Ukrainian).
14. Melnik, A. V. (2004). Porivnjalnij analiz koreljacij morfologichnih oznak ta produktivnosti sonjashniku [Comparative analysis of correlations of morphological features and sunflower productivity]. *Visnik Sums'kogo NAU*, 1(8), 82–84 (in Ukrainian).
15. Kirichenko, V. V. (2005). Selekcija i semenovodstvo podsolnechnika (*Helianthus annuus* L.) [Selection and seed production of sunflower (*Helianthus annuus* L.)]. *Magda*, Harkiv (in Russian).
16. Zhuchenko, A. A. (1990). *Adaptivnoe rastenievodstvo (jekologo-geneticheskie osnovy) [Adaptive crop production (ecological and genetic basis)]*. Shtiinca, Kishinev (in Russian).
17. Yegorov, B., Turpurova, T., Sharabaeva, E., & Bondar, Y. (2019). Prospects of using by-products of sunflower oil production in compound feed industry. *Journal of Food Science Technology Ukraine*, 13, 106–113. doi: 10.15673/fst.v13i1.1337
18. Bartholomew Saanu Adeleke & Olubukola Oluranti Babalola (2020). Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: nutritional and health benefits *Food Sci Nutr*. Sep., 8(9), 4666–4684. Published online 2020 Jul 31. doi: 10.1002/fsn3.1783
19. Canavar, Öner, Ellmer, F. & Chmielewski, F.M. (2010). Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in the ecological conditions of Berlin (Germany). *Helia*, 33, 117–129. doi: 10.2298/HEL1053117C
20. Hassan, F., Cheema, M.A., Qadir, G. & Azim, C.M. (2005). Influence of seasonal variations on yield and yield components of sunflower. *Helia*, 28(43), 145–152. doi: 10.2298/HEL0543145F
21. Angadi, S. V. & Entz, M. H. (2002). Agronomic performance of different stature sunflower cultivars under different levels of interplant competition. *Can. J. Plant Sci.* 82, 43–52.
22. Abdelsatar, Mohamed & Fahmy, R. & Hassan, T. (2015). Genetic control of sunflower seed yield and its components under different edaphic and climate conditions. *Egyptian Journal of Plant Breeding*, 19, 103–123.

23. Marinkovic, R., Jockovic, M., Jeromela, A., Jocić, S., Ciric, M., Balalic, I. & Sakac, Z. (2011). Genotype by environment interactions for seed yield and oil content in sunflower (*H. annuus* L.) using AMMI model. *Helia*, 34, 79–88. doi:10.2298/HEL1154079M.
24. Demurin, Y., & Borisenko, O. (2011). Genetic collection of oleic acid content in sunflower seed oil. *Helia*, 34, 69–74. doi: 10.2298/hel1155069d
25. Goryunova, S. V., Goryunov, D. V., Chernova, A., Martynova, E., Dmitriev, A. E., Boldyrev, S., Ayupova, A., Mazin, P. V., Gurchenko, E., Pavlova, A. S., Petrova, D. A., Chebanova, Y. V., Gorlova, L. A., Garkusha, S. V., Mukhina, Z. M., Savenko, E. G. & Demurin, Ya. N. (2019). Genetic and Phenotypic Diversity of the Sunflower Collection of the Pustovoit All-Russia Research Institute of Oil Crops (VNIIMK). *Helia*, 42. doi: 10.1515/helia-2018-0021
26. Kaya, Y. (2020). Sunflower Production in Blacksea Region: The Situation & Problems. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4(1), 147–155. doi: 10.29329/ijiaar.2020.238.15
27. Balalić, I., Branković, G., Miklič, V., Jocić S. & Šurlan-Momirović, G. (2013). Sunflower mega-environments in Serbia revealed by GGE Biplot Analysis. *Ratar Povrt.*, 50(2), 1–10. doi: 10.5937/ratpov50-4041
28. Ahmed, S.B.M & Abdella, A.W.H. (2009). Genetic yield stability in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids under different environmental conditions of Sudan. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 1, 016–021. doi: 10.5897/JPBCS.9000070
29. Aksyonov, I. (2007). Effect of cultivation measures on index of photosynthesis and yield of sunflower. *Helia*, 30(47), 79–80. doi: 10.2298/HEL0747079A
30. Li, S.-T., Duan, Y., Guo, T.-W., Zhang, P.-L., He, P., & Majumdar, K. (2018). Sunflower response to potassium fertilization and nutrient requirement estimation. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(12), 2802–2812. doi: 10.1016/S2095-3119(18)62074-X

**Trotsenko V. I.**, Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

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

**Yatsenko V. M.**, PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kolosok I. O.**, PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **MODELS OF SUNFLOWER PRODUCTIVITY FORMATION AND THEIR EFFICIENCY IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-EASTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE**

Sunflower crops for the production of marketable products are in all regions of Ukraine, in particular in the zone of the northern Forest-Steppe and Polissya. This zone differs significantly by soil conditions from the regions of traditional crop distribution. This condition requires theoretical generalization and experimental research to develop a model of sunflower varieties with a high level of adaptability to new growing conditions

In general, the assessment of the level of adaptability of genotypes to the conditions of the zone using basic cultivation technologies is provided by demonstration landfills. The most complete range of domestic and foreign sunflower hybrids focused on the area of North-Eastern Forest-Steppe and Polissya is presented at the demonstration site of the Institute of Agriculture of the Northeast NAAS. The research was conducted within the program to develop the model of the variety for the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe and Polissya of Ukraine, (state registration number - 0116U001506). The study was performed in 2016–2020 at the Institute of Agriculture of the Northeast NAAS of Ukraine and Sumy National Agrarian University. Hybrids (28–56) of different originators were tested annually.

The general dynamics of sown areas, yield and gross production of sunflower in Sumy region in 2016–2020 is analyzed. It was established that higher crop yields compared to the average in the country, led to the increase in the annual growth in areas under sunflower from 2–5 % in 2010 to 11–16 % in 2019 and 2020.

Currently, the share of sunflower crop in the structure of arable land in the region is 25.4% compared to the average of 19.7% in Ukraine. Maintaining such dynamics in the near future may be the main limiting factor for productivity growth. If such dynamics will be maintained in the near future, it may become the main limiting factor for productivity growth.

According to the results of the analysis of weather conditions in 2016–2020, indicators of vegetative and generative development of plants of different genotypes at the demonstration site, the 2-level algorithm for realizing the generative potential of hybrids was proposed. It was determined by the length of their growing season and their place in the groups with different models of yield formation. It was found that in years close to the average long-term difference in one day of the growing season was proportional to the yield – 34 kg, in drier and hotter years the value increases to 50 kg/ha.

The ability of hybrids to provide the estimated average yield (for 3 years or more) was defined as the basic level of their adaptability to the conditions of the zone. The minimum values of indicators with a high level of correlation with the parameters of plant productivity are determined. According to the results of the analysis of values of indicators, their stability in different weather conditions the difference in algorithms of formation of productivity is established. The parameters of groups of hybrids of the model of productivity formation which provided higher than the basic level of adaptability to the conditions of the zone were analyzed.

It was established that the model with a satisfactory level of adaptability is realized due to a slight excess of the values of the basic indicators of the parameters that determine the development of the leaf apparatus of plants and the structure of their productivity. Models with a higher level of adaptability are characterized by a significant excess of baseline values for several or most indicators.

**Key words:** sunflower, yield, weather conditions, variety models, adaptation.

Дата надходження до редакції: 29.08.2019 р.

## DEVELOPMENT OF BIOLOGICAL CONTROL OF ORIENTAL FRUIT MOTH AND INSECT IMMUNE RESPONSE INDUCED BY ENTOMOPATHOGENIC FUNGI

**Cao Zhishan**

PhD student

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

School of Resources and Environment, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

ORCID: 0000-0003-3127-4592

caozhishan123@163.com

**Vlasenko Volodymyr**

Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Head of Plant Protection Department

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: 0000-0002-5535-6747

vlasenkova@ukr.net

**Li Weihai**

Doctor (Agricultural Sciences), Professor

School of Resources and Environment, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

lwh7969@163.com

ORCID: 0000-0003-2803-4416

*The oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) is a key pest of tree fruit of Europe, Asia, America, Africa, Australia, and New Zealand, which makes a big damage to apple trees, pear tree and the stone fruit of the peach, plum, apricot, nectarine, cherry and so on. It is difficult to control these pests with traditional chemical methods meanwhile with the increasing demand for food safety, biological control method to this pest has attracted more and more people's attentions. *Beauveria bassiana* is one of the most studied and applied entomopathogenic fungi, can infected and kill the oriental fruit moth as a biological control agent. The entomopathogenic fungi with a wide range hosts and they are harmless to the environment, human and animal. Using entomopathogenic fungi to control pests has many advantages and they have been an important part in biological control of pests, although it still has some natural defects, such as long effective time and easy to be affected by environmental conditions. In order to make good use of it in the future, it is necessary to deeply understand their living conditions and infection mechanism to insects. Entomopathogenic fungi can invades the insects from the body wall through contact directly, but also can through the digestive tract, stomata and wounds and other ways into the insect body. But insects have evolved a strong innate immune system to protect themselves from infection by the pathogens and adverse conditions. When insects are infected by entomopathogenic fungi, their innate immune system will firstly be activated. And the insects will resist the infection by their immune response, which will lead to the reduction of infection efficiency and the control effect. So, it is necessary to study the immune response of insects introduced by entomopathogenic fungi, and it is a hotspot in pest control. This article summarized the occurrence and control technologies of oriental fruit moth, and the research status of entomopathogenic fungus (*B. bassiana*), finally it summarized the insect immune response induced by entomopathogenic fungi. This will provide a significantly deepened the understanding on mechanisms of insect and entomopathogenic fungi. And it prospected the improvement of effective on biological control of oriental fruit moth by *B. bassiana*, which provide a theoretical basis for supply better services to plant protection in the future.*

**Key words:** *Grapholita molesta* (Busck), *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., innate immune, biological plant protection.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.10>

**Introduction.** The oriental fruit moth (OFM), *Grapholita molesta* (Busck), belonged to *Tortricidae*, *Lepidoptera*. It is a key pest of tree fruits, widely distributed all around the world except Antarctica (Hill, 1987; Rothschild & Vickers, 1991; Natale et al., 2003; Myers et al., 2006; Timm et al., 2008; Bisognin et al., 2012; Ricietto et al., 2016; Kong et al., 2019; Zunic, et al., 2020). In recent years, the infestation by the OFM in pome fruit orchards was on increase in many fruit-growing regions in many countries, and caused big economic losses (Torriani et al., 2010). Currently, the main control methods of OFM are dependent on chemical pesticides (Tian et al., 2019). Due to the characteristics of hidden damage and the transfer of host hazards, it is difficult to get good results with traditional chemical control (Borchert et al., 2004; Pintero & Dorn, 2009; Lu et al., 2012; Zheng et al., 2013). Meanwhile long-term pesticide usage will cause many problems, for example "3R" (Residue, Resistance, Resurgence), and food

safety problem related to the human healthy. While using biological method to control OFM could avoid these disadvantages, and this method is attracting more and more attentions (Kanga, 2003; Monteiro et al., 2020; Navarro-Roldan et al., 2020; Zunic et al., 2020).

As a biological control agent, entomopathogenic fungi play important role in the control of pest worldwide and as one of the entomopathogenic fungi, *B. bassiana* can infected and kill the OFM (Feng & Zhang, 1988; Sarker et al., 2020). But the immune response of insects impedes the infection process induced by *B. bassiana*, and always reduces the infection efficiency and the control effect (Wang & Leger, 2006). A better understanding on the immune response induced by entomopathogenic fungi is eagerly needed in order to make good use of entomopathogenic fungi in biological control of this pest. Now adays many researches on the interaction mechanism and immune response of

*B. bassiana* and insects have been reported including the *Bemisia tabaci*, *Bombyx mori*, *Ostrinia furnacalis*, *Diaphorina citri*, *Kuwayama*, *Plutella xylostella*, *Drosophila melanogaster*, *Riptortus pedestris* and so on, but it is blank for the OFM and *B. bassiana* (Xia et al., 2012; Li et al., 2012; Paparazzo et al., 2015; Shen et al., 2014; Lee et al., 2018; Zhang et al., 2020).

#### 1. Oriental fruit moth

##### 1.1. Origin and geographical distribution

The OFM is a native insect of China (Rothschild & Vickers, 1991). And it was mentioned in Japan, in 1901 and 1902, as a special pest of sand pear (Chaudry, 1956). In 1906 it has been found in South Australia as an enemy of peach, under the popular name Peach Tip Moth. This pest also had several more common names in the past, such as Smaller Pear Borer, Oriental Peach Moth, Oriental Peach Worm and Oriental Fruit Moth, and the last one has been adopted as an official name. It was reported that OFM introduced to the United States around 1913 by cherries, imported from Japan (Rings, 1970). Then the pest had spread to many parts of United States, like New York, New Jersey, California and so on. In Europe, OFM was first recorded in Slovenia in 1920 and in the early 1920-s it was found in southeastern of France and north of Italy. Then it has dispersed throughout eastern, southern and western of Europe (Kirk et al., 2013). Despite the strict quarantine measures, now it is widely distributed in temperate and subtropical regions of the world, including Europe (Italy, France, Greece), Asia and other regions (Japan and South Korea), America (USA), South America (Argentina, Uruguay, Chile), north of Africa, Australia, and New Zealand, becoming the global fruit-boring insect pest (Rothschild and Vickers, 1991; Natale et al., 2003; Myers et al., 2006; Timm et al., 2008; Bisognin et al., 2012; Kirk et al., 2013). It is also an important pest and widely distributed in China, occurred in almost all fruit regions of China except Tibet, especially in the northern and eastern regions (Chen et al., 2009).

##### 1.2. Host and harm

The OFM is an invasive oligophagous insect (Kong et al., 2020), most of its host plants belong to the family *Rosaceae*, including many economic fruit trees, such as peach, pear, apple, plum, apricot, cherry, hawthorn, jujube etc. In addition, the host plants also including many wild and ornamental plants, for example begonia and loquat (Myers, 2006; Varela et al., 2011; Piskorski et al., 2011; Du et al., 2015), and a special plant of *Myrtaceae* which found in South America (Rothschild and Vickers 1991). Among all of the host plants, the stone fruits peaches and nectarines sever as primary hosts, while the pome fruits apples and pears are considered as secondary hosts (Rothschild & Vickers, 1991; Myers, et al., 2007).

The OFM is a host-switching pest species, it always switching from stone-fruit orchards to pome-fruit orchard during the growing season (Yang et al., 2016; Grailot et al., 2017; Li et al., 2019). The larvae of the first generations can damage the tender shoots of peaches, plums, quinces, and apples in the spring. Each larva needs three or more shoots for its development period, that often cause the tree nutritional deficiency. More seriously, the attacked tree would wither and die, so the OFM is also called "folded worms". Sometimes the first-generation of larvae also do harm to small fruit (Rings, 1970). The second and third generations of larvae transferred to fruits and continue to damage the plants, the larvae always bored into the fruits and remain there throughout their feeding stages. The damages made by larvae cause the tree with miscellaneous bacteria, make fruit rotted

and lost its edible value, even drop down. This pest always causes considerable economic lose (CABI, 2016). In some locations even over 45 % of fruits has been infected by the larvae (Kanga et al., 2003). When the OFM population are high the incidence of the fruits or shoots damage even reach to 80 % (Zhao, 2004).

Due to the characteristics of hidden damage and the transfer of host hazards, it is difficult to get good results with traditional chemical control that is the main reason for its generally occurrence, spread and seriously harm (Borchert et al., 2004).

##### 1.3. Occurrence regularity

The duration and occurrence of each generation of OFM are different influenced by climate and nutritional condition of the orchard (Zhang, 1980). The number of larval instars is widely reported as 4 or 5 per year (Peterson & Haeussler, 1928; Yokoyama et al., 1987). But different number of larval instars was also report in some areas each year, such as in the southern of United States and parts of Europe, 7~8 generations occurred annually (Reichart and Bodor, 1972). Even in China, OFM occurs for different generations per year in different parts, 3~4 generations in most areas of north-east China, 4~5 generations in Guanzhong area, 5 generations in Xingjian province, and 6~7 generations in south of China (Wang, 2006). The OFM has overlapping generations and wintering phenomenon (Borchert et al., 2004, Magalhaes & Walgenbach, 2011). The OFM survives the winter as pupa in the soil or the rough seams of fruit trees. The overwintering pupae begin to emerge when the average temperature reaches 5 °C for seven consecutive days. When the average temperature reached 11~12 °C for five consecutive days, the emergence of adult worms reaches to the peak (Wang YH, 2012). The occurrence of the OFM is multi-generations, with serious intergenerational overlap and complex life cycle. As a result, it is difficult to predict and control it, which is also the reason that the harm increases and spreads year by year.

##### 1.4. Control technologies of OFM

There are many reports about the control of OFM around the world. They are mainly focusing on the following aspects: phytosanitary control, agricultural control, physical and mechanical control, biological control, chemical control etc.

(1) Phytosanitary control. Russia, Mexico and other countries take OFM as quarantine object and treat imported fruits at low temperature. It was reported that 1~3 instar larvae could not develop to adult after treatment at 0 °C for 21 days (Yokoyama & Miller, 1989).

(2) Agricultural control. Avoid mixed planting of peach and pear in new orchard or too close with each other. This will reduce the source of this pest transferred by host. Grass was tied to orchard trunks to attract mature larvae and reduce the cardinal number of overwintering insects. Clean the orchard, remove diseased branches and drop fruits, through the larval overwintering period when fruit tree dormancy. Remove and destroy any infested fruit every few days. Clean up the storage place after harvest the fruit (Ma et al., 2016).

(3) Physical and Mechanical control. Taking advantage of the tendency to sweet and sour liquid of OFM. Sweet and sour liquid bowls was hanged on fruit trees in order to trap and kill the adult of this pest in the growing season. It was demonstrated that the liquid decoy works best when the ratio of sugar, acetic acid, alcohol, water was 3:1:3:80 (Li et al., 2006; Zhai et al., 2019). The fruit bagging also has a certain effect on the control of OFM. It is reported that the damage rate of fruits bagged are below 1 %,



while the average insect fruit rate of unbagged fruits reaches 8 %, when they are with the same pesticide treatment (Zhi, 2008).

(4) Chemical control. The pesticide should be applied during the peak period of overwintering adults and the first-generation adults. According to the literature, the mixture of 48 % Lorsban missible oil, beta-cypermethrin, 2.5 % cyhalothrin, and 5 % jipronil SC shows a better effect to control the OFM (Chen, 2007).

(5) Biological control. The biological control of OFM has been widely studied, but mainly focus on natural enemies, sex pheromone and plant source volatiles (Stelinski et al., 2006; Rodrigues et al., 2011; Barros-Parada et al., 2018; Robledo et al., 2018; Li et al., 2019; Guo et al., 2019; Chen et al., 2020; Liu & Kainoh, 2020). Additionally, it was reported that *Beauveria bassiana* species can kill this pest and it can parasitic in wintering larvae of OFM. Parasitic rate up to 20–40 %, even as high as 80 % when the conditions are suitable (Feng & Zhang 1988; Sarker et al., 2020). And the mortality rate of OFM caused by *B. bassiana* was 47.2 % (Song et al., 1993). Mix *B. bassiana* with sulfur as a gelatinizing agent is more effective than using this fungus alone on controlling of OFM (Zhao et al., 2010). However, there were a few studies on the biological control with *B. bassiana* and the studies were not in-depth at present to our knowledge.

## 2. Entomopathogenic fungi: *B. bassiana*

### 2.1. Overview of *B. bassiana*

Entomopathogenic fungi can infect their host insects with directly contact and do not need to be consumed by their host, this always lead to infection under normal physiological conditions. It can cause disease or death to the insects by proliferation in insects' body, and play an important role in biological control throughout the world (Ferron, 1978; Mora et al., 2017). *B. bassiana* is one of the most studied and applied entomopathogenic fungi (Clark, 1982). According to the field investigation of overwintering insects, among all fungal diseases, 21 % of deaths are caused by *B. bassiana* (Li et al., 1983). It was reported that *B. bassiana* has been used for control purpose against as many as 149 families and more than 700 species of pest insects in agriculture, forestry and veterinary (Zimmermann, 2007). As a broad host rang insect pathogen, not only for its safety, but also its less dosage, it has been widely used biological insecticide at present. *B. bassiana* has significant broad prospect of development in the future with the biotechnological innovations. *B. bassiana* not only as a pest biological control agent, but also as a model organism can be used to study the mechanism of interaction with insects and entomopathogenic fungal (Lewis et al., 2001; Wanchoo et al., 2009).

### 2.2. Biological characteristics of *B. bassiana*

*B. bassiana* is a globally distributed *Hyphomycete* and its strains infect a range of insects. Colonies of *B. bassiana* grow relatively slowly with colors ranging from white to yellow. The hyphae are hyaline, smooth and septate. The aerial conidia are spherical or nearly spherical single spore, smooth and hyaline (De Hoog, 1972; Huang et al., 2002). Germination of the conidia with an optimum temperature of 22–26 °C, and when the temperature reaches to 32 °C, it cannot germinate any more (Kuang et al., 2005). The most suitable pH for its own sporulation is 5.5–6.5. Conidia germinate in an environment with high relative humidity. The germination percentage reaches to the top when the relative humidity is above 95 %. With the humidity decreases, the rate significantly slow down, and it nearly not grow any more when the humidity decreases to 53 % (Guo et al., 2010). Humidity plays a

vital role in activation of the conidia independent of the host (Boucias & Pendland, 1988). P. Ferron found that insects are more easily infected by *B. bassiana* at high ambient relative humidity. *B. bassiana* conidia are also easily influenced by light and other factors (Ferron, 1977). The destruction effect of ultraviolet light on the spores will cause unstable characters of strains, which will lead the field control effect become worse.

### 2.3. The infection process of *B. bassiana*

*B. bassiana* can infect the insect host through spiracles and especially through the surface of integument by directly contacting with the insect, which is the main infection pathway (Portilla et al., 2014). Although it can also entry through the alimentary tract as the same with other hyphomycetes (Hu & Fan, 1996). The initial and important steps in the process are attachment of the spores and penetration of the host cuticle. It is also dependent on various enzymatic activities primarily including degradation of proteins, chitin and lipids in the insect integument (Ferron, 1978). These enzymes work with the mechanical pressure of the hyphae to make the fungi penetrates the host cuticle and enters to hemocoel. When the fungal hyphae reach to the hemocoel, it will germinate to produce new hyphae, and thus the fungi spread throughout the host in the body cavity (Johnson & Goettel, 1993). But the proliferation of fungal in the hemocoel, muscles and other tissues of the insects must overcome the host response and immune defense reactions firstly (Srivastava et al., 2009). Immunity system of the host can make a strong immune response to entomopathogenic fungi and may even eliminate the fungi. But meanwhile entomopathogenic fungi could secrete special substances to inhibit or evade immune response of host and establish fungal infection (Wang et al., 2006). In the process of infection *B. bassiana* and the host are inhibited and competed with each other, so the relationship between fungi and the host and the immune response of the host should be deeply studied.

### 3. Innate immune response of insects after infected by entomopathogenic fungi

Insects can survive infestation and attack by many pathogens, thanks to their innate immune system (Khush et al., 2000; Hoffmann et al., 2002). They have developed an efficient host defense system against the invasion of fungi. When insects are being infected by fungi, the defense mechanism begins to work at the same time. The innate immune system which is usually divided into cellular and humoral defense, in insects plays a decisive role in the process of resistance to the fungi invasion (Vey & Dumas, 2002). Currently, there are a lot of researches on innate immune response of the insects, but mainly focus on the model insects such as *Drosophila melanogaster*, *Anopheles gambiae*, *Bombyx mori* etc. (Hoffmann et al., 2002; Christophides et al., 2002; Hiromitsu et al., 2008). However, there is relatively little research on agricultural and forestry pests.

#### 3.1. Cellular defense

Cellular defense in insects refers to the defense response such as phagocytosis and encapsulation that are mediated by hemocytes (Strand & Clark, 1999; Irving et al., 2005). There are plasma blood cells, granular blood cells, bead blood cells and granulosa cells in insect hemolymph. These cells can recognize and resist entomopathogenic fungi invasion. Lin found that most spores could not germinate after cytophagy of blood cells in the not yet dead larva of *Dendrolimus spectabilis* infected with *B. bassiana* (Lin et al., 1998). The number of blood cells in the insects increased after infected with *B. bassiana*, which was mainly because of the increasing of plasma and granular blood

cells that participated in cellular immunity (Ren et al., 2013).

### 3.2. Humoral immune defense

Humoral defense refers to the humoral immune factors that exists in insects normally or induced by fat bodies and blood cells, including the antimicrobial peptides, phenol oxidase and lysozyme (Gillespie et al., 2000). When entomopathogenic fungi invaded insects, the recognition mechanism of insects can activate various signal transductions and immune pathways. Then these signal transductions and immune pathways can regulate the expression of various immune-related genes, which will produce effector molecules with antibacterial activity, such as reactive oxygen species and the antimicrobial peptides.

Then pathogens will be killed by the antimicrobial peptides (AMPs), and keep insects homeostatic (Lemaitre & Hoffmann, 2007; Govind, 2008). The antimicrobial peptides have been proposed play the role in limiting fungal proliferation and contributing to the host defense. Nowadays, there are more than 200 kinds of insect antibacterial peptides have been reported, involving *Lepidoptera*, *Diptera*, *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Isoptera* and *Hymenoptera* (Dimopoulos et al. 1997; Cudic et al. 2002; Bulet & Stöcklin, 2005; Ran et al., 2016). There are two signaling pathways in insects that induce the production of antimicrobial peptides: one of them is the immune deficiency pathway induced by Gram-negative bacteria, and the other is the Toll pathway activated by fungi and most Gram-positive bacteria (Morisato & Anderson 1994; Levashina et al., 1995; Lemaitre et al., 1996; Akira et al. 2006). Fungal infection activates the Toll signaling pathway and regulates the expression of antifungal peptide genes. In ad-

dition, the expression of antimicrobial peptide genes is also regulated by IMD and JAK/STAT signal transduction pathways, that is a complex process and involves large number of genes need to be further studied in the future (Ryu & Ha, 2006; Uvell & Engstr, 2007; Ryu et al. 2010). We can reduce the insect immune response introduced by entomopathogenic fungi, by regulating the expression of immune-related genes.

**Conclusion.** OFM as an important fruit pest, cause damage and economic losses in many fruit tree areas. With people's attention to environmental and food problems, biological control methods are urgent for controlling this pest. *B. bassiana* as a biological control agent have been studied for many years and has good effect on the prevention and control of OFM. But in the process of pest control, due to the slow action of fungi, the low efficiency insecticidal and the great influence of environmental factors on the infection efficiency, these may impede the role of fungi in controlling the pest (Faria & Wraight, 2001). Meanwhile the immune response of insects can also resist the action of *B. bassiana* and reduce the control effective. The research on how to improve the insecticidal effect of *B. bassiana* and improve the pathogenicity of *B. bassiana* have become a research focus in biological control field and need to be deeply studied in the future. These can be achieved by studying the immune system of OFM and identify immune target sites for attack. With the development and application of molecular biology, the interaction between *B. bassiana* and OFM at the molecular level and analysis of the immune-related gene of OFM will be the focuses research for the biological control of OFM in the future.

### References:

1. Hill, D. S. (1987). Agricultural insect pests of temperate regions and their control. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 459.
2. Rothschild, G. H. L. & Vickers, R. A. (1991). Biology, ecology and control of the oriental fruit moth. Tortricid Pests: Their Biology, natural Enemies and Control. Elsevier Science publication, 72, 389–412. doi: 10.1038/ng.2007.60
3. Natale, D., Mattiacci, L., Hern, A., Pasqualini, E. & Dorn, S. (2003). Response of female *Cydia molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) to plant derived volatiles. Bulletin of Entomological Research, 93, 335–342. doi: 10.1079/BER2003250
4. Myers, C. T., Hull, L. A. & Krawczyk, G. (2006). Seasonal and cultivar-associated variation in oviposition preference of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) adults and feeding behavior of neonate larvae in apples. Journal of Economic Entomology, 99(2), 349–358. doi: 10.1603/0022-0493-99.2.349
5. Timm, A. E., Geertsema, H. & Warnich, L. (2008) Population genetic structure of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) in South Africa. Annals of the Entomological Society of America, 101, 197–203.
6. Bisognin, M., Zanardi, O. Z., Nava, D. E., Arioli, C. J., Botton, M., Garcia, M. S., & Cabezas, M. F. (2012). Burrknots as food source for larval development of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) on apple trees. Environmental Entomology, 41, 849–854. doi: 10.1603/EN11119
7. Ricietto, A. P. S., Gomis-Cebolla, J., Vilas-Boas, G. T. & Ferre, J. (2016). Susceptibility of *Grapholita molesta* (Busck, 1916) to formulations of *Bacillus thuringiensis*, individual toxins and their mixtures. Journal of Invertebrate Pathology, 141, 1–5. doi: 10.1016/j.jip.2016.09.006
8. Kong, W. N., Wang, Y., Jia, X. T., Gao, Y., Fan, R. J., Li, J. & Ma, R. Y. (2019). Emergence and mating behavior of the oriental fruit moth *Cydia molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) and its potential for reproduction. Annales De La Societe entomologique De France, 55(5), 446–453. doi: 10.1080/00379271.2019.1657361
9. Zunic, A., Vukovic, S., Lazic, S., Sunjka, D. & Baskovic, D. (2020). The efficacy of novel diamide insecticides in *Grapholita molesta* suppression and their residues in peach fruits. Plant protection Science, 56(1), 46–51. doi: 10.17221/71/2019-PPS
10. Torriani, M. V. G., Mazzi, D., Hein, S. & Dorn S. (2010). Structured populations of the oriental fruit moth in an agricultural ecosystem. Molecular Ecology, 19(13), 2651–60. doi: 10.1111/j.1365-294X.2010.04711.x
11. Tian, Z., Li, Y., Xing, Y. J., Li, R. C. & Liu, J. Y. (2019). Structural Insights into Two Representative Conformations of the Complex Formed by *Grapholita molesta* (Busck) Pheromone Binding Protein 2 and Z-8-Dodecenyl Acetate. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67(16), 4425–4434. doi: 10.1021/acs.jafc.9b00052
12. Borchert, D. M., Stinner, R. E., Walgenbach, J. F. & Kennedy, G. G. (2004). Oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) phenology and management with methoxyfenozide in North Carolina apples. Journal of Economic Entomology, 97(4), 1353–1364. doi: 10.1603/0022-0493-97.4.1353
13. Pinero, J. C. & Dorn, S. (2009). Response of female oriental fruit moth to volatiles from apple and peach trees at three

- phenological stages. *Entomological Experimentalis et Applicata*, 131(1), 67–74. doi: 10.1111/j.1570-7458.2009.00832.x
14. Lu, P. F., Huang, L. Q. & Wang, C. Z. (2012). Identification and Field Evaluation of Pear Fruit Volatiles Attractive to the Oriental Fruit Moth, *Cydia molesta*. *Journal of Chemical Ecology*, 38(8), 1003–1016. doi: 10.1007/s10886-012-0152-4
  15. Zheng, Y., Peng, X., Liu, G. M., Pan, H. Y., Dorn, S. & Chen, M. H. (2013). High Genetic Diversity and Structured Populations of the Oriental Fruit Moth in Its Range of Origin. *PLOS ONE*, 8(11), 1–12. doi: 10.1371/journal.pone.0078476
  16. Kanga, L. H. B., Pree, D. J., Van Lier, J. L. & Walker, G. M. (2003). Management of insecticide resistance in Oriental fruit moth (*Grapholita molesta*; Lepidoptera: Tortricidae) populations from Ontario. *Pest Management Science*, 59, 921–927. doi: 10.1002/ps.702
  17. Monteiro, L. B., Witt, L. G., Guiloski, I. C., Regis Silvori, D. S. & Helena, S. A. (2020). Evaluation of Resistance Management for the Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae) to Insecticides in Brazilian Apple Orchards. *Journal of Economic Entomology*, 113(3), 1411–1418.
  18. Navarro-Roldan, M. A., Bosch, D., Gemeno, C. & Siegwart, M. (2020). Enzymatic detoxification strategies for neurotoxic insecticides in adults of three tortricid pests. *Bulletin of Entomological Research*, 110(1), 144–154. doi: 10.1017/S0007485319000415
  19. Feng, J. G. & Zhang, Y. (1988). Study on control of fruit tree pests by *Trichogramma dendrolimi*. *Knowledge of insects*, 6, 344–347. (in Chinese)
  20. Sarker, S., Woo, Y.H. & Lim, U. T. (2020). Laboratory Evaluation of *Beauveria bassiana* ARP14 Against *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Current Microbiology*, 77(9), 2365–2373. doi: 10.1007/s00284-020-02012-4
  21. Wang, C. S. & Leger, R. J. S. (2006). A collagenous protective coat enables *Metarhizium anisopliae* to evade insect immune response. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(17), 6647–6652. doi: 10.1073/pnas.0601951103
  22. Xia, J., Zhang C. R., Zhang S., Li, F. F., Feng, M. G., Wang, X. W. & Liu, S.S. (2012). Analysis of Whitefly Transcriptional Responses to *Beauveria bassiana* Infection Reveals New Insights into Insect-Fungus Interactions. *PLOS One*, 8(7), e68185. doi: 10.1371/journal.pone.0068185.
  23. Li, Y. S., Zhao, P., Liu, S. P., Dong, Z. M., Chen, J. P., Xiang, Z. H. & Xia, Q. Y. (2012). A novel protease inhibitor in *Bombyx mori* is involved *Beauveria (bassiana)*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 42(10), 766–775. doi: 10.1016/j.ibmb.2012.07.004
  24. Paparazzo, F., Tellier, A., Stephan, W. & Hutter, S. (2015). Survival Rate and Transcriptional Response upon Infection with the Generalist Parasite *Beauveria bassiana* in a World-Wide Sample of *Drosophila melanogaster*. *PLOS One*, 10(7): e0132129. doi: 10.1371/journal.pone.0132129 J.
  25. Shen, D. X., Liu, Y., Zhou, F. Wang, G. R. & An, C. J. (2014). Identification of Immunity-Related Genes in *Ostrinia furnacalis* against Entomopathogenic Fungi by RNA-Seq Analysis. *PLOS One*, 9(1), e86436. doi: 10.1371/journal.pone.0086436
  26. Lee, S. J., Yang, Y. T., Kim, S., Lee, M. R., Kim, J. C., Park, S. E., Hossain Muktadir, S., Shin, T. Y., Nai, Y. S. & Kim, J.S. (2018). Transcriptional response of *bean bug* (*Riptortus pedestris*) upon infection with entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* JEF-007. *Pest management science*, 75(2), 333–345. doi: 10.1002/ps.5117.
  27. Zhang, Y., Tang, M. Y., Dong, Z. M., Zhao, D. C., An, L. N., Zhu, H. T., Xia, Q. Y. & Zhao, P. (2020). Synthesis, secretion, and antifungal mechanism of a phosphatidylethanolamine-binding protein from the silk gland of the silkworm *Bombyx mori*. *International Journal of Biomacromolecules*, 149, 1000–1007. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.01.310
  28. Chaudry, G. U. (1956). The development and fecundity of the oriental fruit moth, *Grapholotha molesta* (busck) under controlled temperatures and humidities. *Bulletin of Entomological Research*, 46(04), 869–898. doi: 10.1017/S0007485300037111
  29. Rings, R. W. (1970). Economic aspects of the biological and control of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busk, in the United States. *The Ohio Journal of Science*, 70(1), 58.
  30. Kirk, H., Dorn, S. & Mazzi, D. (2013). Worldwide population genetic structure of the oriental fruit moth (*Grapholita molesta*), a globally invasive pest. *BMC Ecology*, 13, 12. doi: 10.1186/1472-6785-13-12
  31. Chen M. X., Luo Y. Q. & Zhao C. J. (2009). Progress in the research on the oriental fruit moth. *Journal of the North Garden*. 8, 144–147 (in Chinese).
  32. Kong, W. N., Wang, Y., Guo, Y. F., Chai, X. H., Li, J. & Ma, R. Y. (2020). Importance of Preovipositional Period of an Oligophagous Moth in Predicting Host Suitability. *Journal of Economic Entomology*, 113(1), 222–229. doi: 10.1093/jee/toz278
  31. Varela, N., Avilla, J., Anton, S. & Gemeno, C. (2011). Synergism of pheromone and host-plant volatile blends in the attraction of *Grapholita molesta* males. *Entomological experiment and application*, 141(2), 114–122. doi: 10.1111/j.1570-7458.2011.01171.x
  32. Piskorski, R., Ineichen, S. & Dorn, S. (2011). Ability of the Oriental Fruit Moth *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) to Detoxify Juglone, the Main Secondary Metabolite of the Non-host Plant Walnut. *Journal of Chemical Ecology*, 37(10), 1110–1116. doi: 10.1007/s10886-011-0015-4
  33. Du, J., Li, G. W., Xu, X. L. & Wu, J. X. (2015) Development and Fecundity Performance of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae) Reared on Shoots and Fruits of Peach and Pear in Different Seasons. *Environmental Entomology*, 44(6), 1522–1530. doi: 10.1093/ee/nvv124
  34. Myers, C. T., Hull, L. A. & Krawczyk, G. (2007). Effects of orchard host plants (apple and peach) on development of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 100(2), 421–430.
  35. Yang, X. F., Fan, F., Wang, C. & Wei, G. S. (2016). Where does *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) overwinter in adjacent peach, pear and apple orchards? *Bulletin of Entomological Research*, 106(1), 135–140. doi: 10.1017/S0007485315000887

36. Graillot, B., Blachere-Lopez, C., Besse, S., Siegwart, M. & Lopez-Ferber, M. (2017). Host range extension of *Cydia pomonella* granulovirus: adaptation to Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta*. *Biocontrol*, 62, 19–27. doi: 10.1007/s10526-016-9772-x
37. Li, G. W., Chen, X. L., Sun, Y. Chen, Y. X., Xu, S.C. & Wu, J. X. (2019). Expression profiles and ligand-binding properties of two odorant-binding proteins from *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Asia Pacific Entomology*, 22(4), 1098–1108. doi: 10.1016/j.aspen.2019.09.003
38. Kanga, L. H. B., Pree, D. J., Van Lier, J. L. & Walker, G. M. (2003). Management of insecticide resistance in Oriental fruit moth (*Grapholita molesta*; Lepidoptera: Tortricidae) populations from Ontario. *Pest Management Science*, 59, 921–927. doi: 10.1002/ps.702
39. Zhao, J. L., Zhang, Y. Z., Li, J. L., Guo, F. Z. & Chao, D. (2010). IPM Measures of Fruit Borer in Organic Orchard. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 38(5), 39–43 (in Chinese).
40. Zhang, X. Z. (1980). Preliminary report on a study of the oriental fruit moth. *Journal of plant protection*, 7(4), 254–256 (in Chinese).
41. Peterson, A. & Haeussler, G. J. (1928). Some observations on the number of larval instars of the Oriental peach moth *Laspeyresia molesta* Busck. *Economic Entomology*, 21, 843–852.
42. Yokoyama, V. Y., Miller, G. T. & Harvey, J. M. (1987). Development of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) on a laboratory diet. *Journal of Economic Entomology*, 80, 272–276.
43. Reichart, G. & Bodor, J. (1972). Biology of the oriental fruit moth (*Grapholita molesta* Busck) in Hungary. *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 7, 279–295.
44. Wang, C. Y. (2006). Comprehensive prevention and control of pyridae in yellow pear producing areas in Qinghai. *Qinghai Agricultural Technology Extension*, 2, 43–44. (in Chinese)
45. Magalhaes, L. C. & Walgenbach, J. F. (2011) Life Stage Toxicity and Residual Activity of Insecticides to Codling Moth and Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 104(6), 1950–1959. doi: 10.1603/EC11070
46. Wang, H. L., He, H. P., & Gong, L. Z. (2012). Observation on the occurrence dynamic of *Grapholita molesta* Busk in peach orchard. *Hubei Agricultural Science*, 51, 4784–4786.
47. Ma, A. H., Li, W. L. & Lu, Z. Y. (2016). The Occurrence Dynamics and Damage Characteristics and Integrated Control of Oriental Fruit Moth in Peach Orchard. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 20(4), 27–29 (in Chinese).
48. Li, B., Qin Y. C., & He, L. (2006) Control of pear small heart worms with different attracting core and sweet and sour liquor. *Chinese journal of plant protection*, 35(6), 285–286. (in Chinese).
49. Zhai, H., Yu, X. M., Ma, Y. N., Zhang, Y. & Wang, D. (2019). Sugar-Acetic Acid-Ethanol-Water Mixture as a Potent Attractant for Trapping the Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Peach-Apple Mixed-Planting Orchards. *Plant-Basel*, 8(10). doi: 10.3390/plants8100401
50. Zhi, Y. R., Ye, X. H. & Lan Y. (2008). Occurrence and prevention measures of the oriental fruit moth in fruit tree mixed planting area. *Journal of Southwest Agriculture*, 21(4), 1006–1009 (in Chinese).
51. Chen, J. H. (2007). Effects of 48 % Lorsban missible oil on the prevention and control of oriental fruit moth. *Deciduous Fruit Tree*, (4), 39–40 (in Chinses).
52. Stelinski, L. L., Il'chev, A. L., & Gut, L. J. (2006). Antennal and behavioral responses of virgin and mated oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) females to their sex pheromone. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(5): 898-904. doi: 10.1603/0013-8746(2006)99[898:AABROV]2.0.CO;2
53. Rodrigues, M. L., Garcia, M. S., Nava, D. E., Botton, M., Parra, J. R. P. & Guerrero, M. (2011). Selection of *Trichogramma pretiosum* lineages for control of *Grapholita molesta* in peach. *Florida Entomologist*, 94(3), 398–403. doi: 10.1653/024.094.0303
54. Barros-Parada, W., Ammagarahalli, B., Basoalto, E., Fuentes-Contreras, E. & Gemeno, C. (2018). Captures of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), in traps baited with host-plant volatiles in Chile. *Applied Entomology and Zoology*, 53(2), 193–204. doi: 10.1007/s13355-017-0543-7
55. Robledo, N., Rzuffi, R. & Reyes-Prado, H. (2018). Modification of behavioral response in *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) due to pre-exposure to sex pheromone and host plant volatiles. *Florida entomologist*, 101(1), 69–73. doi: 10.1653/024.101.0113.
56. Guo, X. J., Di, N., Chen, X., Zhu, Z. Y., Zhang, F., Tang, B., Dai, H. J., Li, J. T., Guo, R. & Wang, S. (2019). Performance of *Trichogramma pintoi* when parasitizing eggs of the oriental fruit moth *Grapholita molesta*. *Generalis Entomology*, 39, 239–249. doi: 10.1127/entomologia/2019/0853
57. Chen, L. H., Tian, K.; Xu, X. L., Fang, A. S., Cheng, W. N., Wang, G. R., Liu, W. & Wu, J. X. (2020). Detecting Host-Plant Volatiles with Odorant Receptors from *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Current Microbiology*, 68(9), 2711–2717. doi: 10.1021/acs.jafc.9b07305
58. Liu, C. M. & Kainoh, Y. (2020) Laboratory rearing of *Lytopylus rufipes* (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae), a parasitoid wasp of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), using apple and a commercially available diet. *Applied Entomology and Zoology*, 55(2), 271–276. doi: 10.1007/s13355-020-00671-0
59. Song, X. B., Zheng, W. F. & Ren, S. T. (1993). Investigation and prevention and control of the overwintering rule of oriental fruit moth. *Shan Xi Forest Science and Technology*, 59–61 (in Chinese).
60. Ferron, P. (1978). Biological control of insect pest by entomopathogenic fungi. *Annual Review of Entomology*, 23, 409–420. doi: 10.1146/annurev.en.23.010178.002205
61. Mora, M. A. E., Castilho, A. M. C. & Fraga, M. E. (2017). Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. *Agricultural Microbiology*, 84, 1–10. doi: 10.1590/1808-1657000552015

62. Clark, R. A., Casagrande, R. A. & Wallace, D. B. (1982). Influence of pesticides on *Beauveria bassiana*, a pathogen of the Colorado potato beetle. *Environmental Entomology*, 11, 67–70.
63. Li, R. S. & Luo S. B. (1983). *Microbial Control Pests*. [M]. Beijing. Science Press, 27–45 (in Chinese).
64. Zimmermann, G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 17(5/6), 553–596. doi: 10.1080/09583150701309006
65. Lewis, L. C., Bruch, D. J., Gunarson, R. D. & Bidne, K. G. (2001). Assessment of plant pathogenicity of endophytic *Beauveria bassiana* in Bt transgenic and non-transgenic corn. *Crop Science*, 41, 1395–1400. doi: 10.2135/cropsci2001.4151395x
66. Wanchoo, A., Lewis, M. W. & Keyhani, N. O. (2009). Lectin mapping reveals stage-specific display of surface carbohydrates of in vitro and haemolymph derived cells of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Microbiology*, 155, 3121–3133. doi: 10.1099/mic.0.029157-0
67. De Hoog, G. S. (1972). The genera *Beauveria*, *Isaria*, *Tritirachium* and *Acrodontium* gen. nov. *Transactions of the British Mycological Society*, 1, 1–41.
68. Huang, B., Li, C. R., Li, Z. G., Fan, M. Z. & Li, Z. Z. (2002). Molecular identification of the teleomorph of *Beauveria bassiana*. *Mycotaxon*, 81, 229–236. doi: 10.1002/iub.144
69. Kuang, Z. B., Lv, L. H. & Feng, X. (2005). Effects of temperature and common pesticides on the biological characteristics of *Beauveria bassiana*. *Journal of South China Agricultural University*, 26(3), 26–29. (in Chinese)
70. Guo, Z. F., Shao, H. B. & Liu, H. L. (2010). Study on biological characteristics of *Beauveria bassiana* strain B 11. *Research on Hebei Forest Fruit*, 25(1), 57–61. (in Chinese)
71. Boucias, D. G. & Pendland, J. C. (1998). *Principles of insect pathology*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers. 568.
72. Ferron, P. (1977). Influence of relative humidity on the development of fungal infection caused by *Beauveria bassiana* in imagines of *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae). *Entomophaga*, 2, 393–396. doi: 10.5772/intechopen.81431
73. Portilla, M., Snodgrass, G., Luttrell, R. & Jaronski, S. (2014). A novel bioassay to evaluate the potential of *Beauveria bassiana* strain NI8 and the insect growth regulator novaluron against *Lygus lineolaris* on a non-autoclaved solid artificial diet. *Journal of Insect Science*, 14, 115–117. doi: 10.1093/jis/14.1.115
74. Hu, J. J. & Fan, M. Z. (1996). Relation between Extracellular Protease of *Beauveria bassiana* and Its Virulence to *Dendrolinus punctatus*. *Journal of Anhui Agricultural University*, 23(3), 273–278. (in Chinese)
75. Johnson, D. L. & Goettel, M. S. (1993). Reduction of grasshopper populations following field application of the fungus *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science Technology*, 3, 165–175. doi: 10.1080/09583159309355273
76. Srivastava, N., Maurya, P., Sharma, P. & Mohan, L. (2009). Prospective role of insecticides of fungal origin: Review. *Entomological Research*, 39, 341–355. doi: 10.1111/j.1748-5967.2009.00244.x
77. Khush, R. S. & Lemaitre, B. (2000). Genes that fight infection: what the *Drosophila* genome says about animal immunity. *Genetics of *Drosophila* immunity*, 16(10), 442–449. doi: 10.1016/S0168-9525(00)02095-3
78. Hoffmann, J. A. & Reichhart, J. M. (2002). *Drosophila* innate immunity, an evolutionary perspective. *Nature Immunology*, 3, 121–126. doi: 10.1038/ni0202-121
79. Vey, A., Matha, V. & Dumas, C. (2002). Effects of the peptide mycotoxin destruxin E on insect haemocytes and on dynamics and efficiency of the multicellular immune reaction. *Journal of Invertebrate Pathology*, 80, 177–187. doi: 10.1016/S0022-2011(02)00104-0
80. Christophides, G. K., Zdobnov, E., Barillas-Mury, C., Birney, E., Blandin, S. & Blass, C. (2002). Immunity related genes and gene families in *Anopheles gambiae*. *Science*, 298, 159–165. doi: 10.1126/science.1077136
81. Hiromitsu, T., Ishibashi, J., Kosuke, F., Nakajima, Y., Sagisaka, A., Tomimoto, K., Suzuki, N., Yoshiyama, M., Kaneko, Y., Iwasaki, T., Sunagawa, T., Yamaji, K., Asaoka, A., Mita, K. & Yamakawa, M. (2008). A genome-wide analysis of genes and gene families involved in innate immunity of *Bombyx mori*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 38(12), 1087–1110. doi: 10.1016/j.ibmb.2008.09.001
82. Strand, M. R. & Clark, K. D. (1999). Plasmacyte spreading peptide induces spreading of plasmacytes but represses spreading of granulocytes. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 42, 213–223. doi: 10.1002/(SICI)1520-6327(199911)42:3<213::AID-ARCH5>3.0.CO;2-4.
83. Irving, P., Ubeda, J., Doucet, D., Troxler, L., Lagueux, M., Zachary, D., Hoffmann, J., Hetru, C. & Meister, M. (2005). New insights into *Drosophila* larval haemocyte functions through genome-wide analysis. *Cellular Microbiology*, 7(3), 335–350. doi: 10.1111/j.1462-5822.2004.00462.x
84. Lin, H. F., Hu, Z. & Li, Z. Z. (1998). Biological characteristics of *Beauveria bassiana* and its application in forest. *Journal of Anhui Agricultural University*, 26 (1), 54–58. (in Chinese).
85. Ren, J., Han, X. M., Liu, Z. & Lei, Z. G. (2013). Defense reaction of blood cells of whitefish against white fungus rigor. *China vegetable*, 12, 61–65 (in Chinese)
86. Gillespie, J. P., Bailey, A. M., Cobb, B. & Vilcinskis, A. (2000). Fungi as elicitors of insect immune responses. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 44, 49–68. doi: 10.1002/1520-6327(200006)44:2<49::AID-ARCH1>3.0.CO;2-F
87. Lemaitre, B. & Hoffmann, J. (2007). The Host Defense of *Drosophila melanogaster*. *Annual review of Immunology*, 25, 697–743. doi: 10.1146/annurev.immunol.25.022106.141615
88. Govind, S. (2008). Innate immunity in *Drosophila*: Pathogens and pathways. *Insect Science*, 15, 29–43. doi: 10.1111/j.1744-7917.2008.00185.x
89. Dimopoulos, G., Richman, A., Muller, H. M. & Kafatos, F. (1997). Molecular immune responses of the mosquito *Anopheles gambiae* to bacteria and malaria parasites. *Immunology*, 94, 11508–11513.

90. Cudic, M., Condie, B.A., Weiner, D. J., Lysenko, E. S., Xiang, Z., Insug O, Bulet, P. & Otvos, L. J. (2002). Development of novel antibacterial peptides that kill resistant isolates. *Peptides*, 23(12), 2071–2083. doi: 10.1016/S0196-9781(02)00244-9
91. De Gregorio, E., Han, S. J. & Lee, W. J. 2002. An immune responsive Serpin regulates the melanization cascade in *Drosophila*. *Developmental Cell*, 3(4), 581–592. doi: 10.1016/S1534-5807(02)00267-8
92. Bulet, P. & Stöcklin, R. (2005). Insect antimicrobial peptides: structures, properties and gene regulation. *Protein & Peptide Letters*, 12, 3–11. doi: 10.2174/0929866053406011
93. Morisato, D. & Anderson, K. V., (1994). The *spätzle* gene encodes a component of the extracellular signaling pathway establishing the dorsal-ventral pattern of the *Drosophila* embryo. *Cell*, 76(4), 677–688.
94. Levashina, E. A., Ohresser, S., Bulet, P., Rechhart, J. M., Hetru, C. & Hoffmann, J. A. (1995). Metchnikowin, a novel immune inducible praline-rich peptide from *Drosophila* with antibacterial and antifungal properties. *European Journal of Biochemistry*, 233(2), 694–700.
95. Lemaitre, B., Nicolas, E., Michaut, L., Reichhart, J. M. & Hoffmann, J. A. (1996). The dorsoventral regulatory gene cassette *spätzle/Toll/cactus* controls the potent antifungal response in *Drosophila* adults. *Cell*, 86, 95. doi: 10.1016/S0092-8674(00)80172-5
96. Akira, S., Uematsu, S. & Takeuchi, O. (2006). Pathogen recognition and innate immunity. *Cell*, 124(4), 783–801. doi: 10.1016/j.cell.2006.02.015
97. Ryu, J. H. & Ha, E. M. 2006. An essential complementary role of NF- $\kappa$ B pathway to microbicidal oxidants in *Drosophila* gut immunity. *The EMBO Journal*, 25, 3693–3701. doi: 10.1038/sj.emboj.7601233
98. Uvell, H. & Engstr, M. Y. (2007). A multilayered defense against infection: combinatorial control of insect immune genes. *Trends in Genetics*, 23(7), 342–349. doi: 10.1016/j.tig.2007.05.003
99. Ryu, J. H., Ha, E. M. & Lee, W. J. (2010). Innate immunity and gut–microbe mutualism in *Drosophila*. *Developmental and Comparative Immunology*, 34, 369–376. doi: 10.1016/j.dci.2009.11.010
100. Faria, M. & Wraight, S. P. (2001). Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop Protection*, 20(9), 767–778. doi: 10.1016/S0261-2194(01)00110-7

**Цао Жішан**, аспірантка, Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна; Школа ресурсів і довкілля, Хенанський інститут науки і технологій, м. Ксінсянґ, Китай

**Власенко Володимир Анатолійович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри захисту рослин, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

**Лі Уейхай**, доктор сільськогосподарських наук, професор, Школа ресурсів і довкілля, Хенанський інститут науки і технологій, м. Ксінсянґ, Китай

#### **РОЗРОБКА БІОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ СХІДНОГО ФРУКТОВОГО МЕТЕЛИКА ЧЕРЕЗ ІНДУКОВАНУ ЕНТОМОПАТОГЕННИМИ ГРИБАМИ ІМУННУ ВІДПОВІДЬ КОМАХ**

Східна плодова моль, *Grapholita molesta* (Busck) – ключовий шкідник плодових дерев Європи, Азії, Америки, Африки, Австралії та Нової Зеландії, що завдає великих збитків яблуням, грушам, а також кісточковим – персику, сливі, абрикосу, нектарину, вишні тощо. Боротися з цим шкідником за допомогою традиційних хімічних методів важко. Тим часом зі збільшенням попиту на безпеку харчових продуктів біологічний метод боротьби з цим шкідником привертає все більше уваги людей. *Beauveria bassiana* є одним з найбільш вивчених та застосовуваних ентомопатогенних грибів, що може заражати та знищувати східну плодову моль як біологічний засіб боротьби. Ентомопатогенні гриби мають широке коло господарів, але вони нешкідливі для навколишнього середовища, людини та тварин. Застосування ентомопатогенних грибів для боротьби зі шкідниками має багато переваг і вони відігравали важливу роль у біологічній боротьбі зі шкідниками. Проте, вони все ще мають деякі природні дефекти, такі як тривалий ефективний час дії, і на них легко впливають умови довкілля. Для ефективного використання методу у майбутньому, необхідно глибоко розуміти умови життя та механізм зараження комах. Ентомопатогенні гриби можуть потрапляти в тіла комах безпосередньо контактуючи з його покривними стінками, але також і через шлунково-кишковий тракт, продири, рани та іншими шляхами. Однак комахи сформували потужну вроджену імунну систему, щоб захистити себе від зараження патогенами та несприятливих умов. Коли комахи заражаються ентомопатогенними грибами, спочатку активізується їх вроджена імунна система. Тоді комахи протистоять інфекції своєю імунною реакцією, що веде до зменшення ефективності зараження та контролюючого ефекту. Отже, необхідно вивчити імунну відповідь комах, інтродукованих ентомопатогенними грибами і це є актуальним напрямом у боротьбі з шкідниками. У цій статті підсумовано технологію виникнення та боротьби зі східною плодовою моллю, а також досліджений статус ентомопатогенного гриба (*B. bassiana*), нарешті, узагальнено імунну відповідь комах, індуковану ентомопатогенними грибами. Це забезпечить значне поглиблене розуміння механізмів дії комах та ентомопатогенних грибів. Також це сприятиме удосконаленню ефективного біологічного контролю східної плодової молі за допомогою *B. bassiana*, що забезпечує теоретичну базу для надання у майбутньому кращих послуг із захисту рослин.

**Ключові слова:** *Grapholita molesta* (Busck), *Beauveria bassiana*, природний імунітет, біологічний захист рослин.

Дата надходження до редакції: 29.09.2019 р.