



Агронаука і практика

Науково-
виробничий
журнал

Випуск 2 частина 1 2023

Заснований 2021

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

О. Ф. Стасів, доктор с.-г. наук, Україна

Заступники головного редактора:

Г. С. Коник, доктор с.-г. наук, проф., Україна

Г. М. Седіло, доктор с.-г. наук, проф., акад. НААН
Україна

Відповідальний секретар:

О. І. Стадницька, кандидат с.-г. наук, Україна

Члени редколегії:

Л. З. Байструк-Глодан, кандидат с.-г. наук, Україна

О. М. Бордун, кандидат с.-г. наук, Україна

О. В. Вавринович, кандидат с.-г. наук, Україна

С. О. Вовк, доктор біол. наук, проф., Україна

О. П. Волощук, доктор с.-г. наук, Україна

І. С. Волощук, доктор с.-г. наук, Україна

А. Я. Гадзало, доктор екон. наук, Україна

Л. М. Дармограй, доктор с.-г. наук, проф., Україна

А. Г. Дзюбайло, доктор с.-г. наук, проф., Україна

М. О. Ільченко, кандидат с.-г. наук, Україна

Р. В. Ільчук, доктор с.-г. наук, Україна

О. Й. Качмар, кандидат с.-г. наук, Україна

Н. М. Котько, кандидат екон. наук, Україна

М. Марунек, доктор с.-г. наук, проф., Чехія

Д. Д. Остапів, доктор с.-г. наук, Україна

Ю. М. Оліфір, кандидат с.-г. наук, Україна

Г. Я. Панахид, доктор с.-г. наук, Україна

Т. В. Партика, кандидат біол. наук, Україна

О. В. Паленичак, кандидат екон. наук, Україна

Б. Пілярчик, доктор с.-г. наук, проф., Польща

Й. Ф. Рівіс, доктор с.-г. наук, Україна

В. І. Халак, кандидат с.-г. наук, Україна

Є. Чернявська-Пйонтковська, доктор наук, проф., Польща

EDITORIAL BOARD:

Chief editor:

O. Stasiv, doctor of agricultural sciences, Ukraine

Deputy Editor-in-Chief:

H. Konyk, doctor of agricultural sciences, professor, Ukraine

H. Sedilo, doctor of agricultural sciences, professor, academician
of NAAS, Ukraine

Executive Secretary:

O. Stadnytska, candidate of agricultural sciences, Ukraine

Members of the editorial board:

L. Bastruk-Hlodan, candidate of agricultural sciences, Ukraine

O. Bordun, candidate of agricultural sciences, Ukraine

O. Vavrynovych, candidate of agricultural sciences, Ukraine

S. Vovk, doctor of biological sciences, professor, Ukraine

O. Voloshchuk, doctor of agricultural sciences, Ukraine

I. Voloshchuk, doctor of agricultural sciences, Ukraine

A. Hadzalo, doctor of agricultural sciences, Ukraine

L. Darmohrai, doctor of agricultural sciences, professor, Ukraine

A. Dziubailo, doctor of agricultural sciences, professor, Ukraine

M. Ilchenko, candidate of agricultural sciences, Ukraine

R. Ilchuk, doctor of agricultural sciences, Ukraine

O. Kachmar, candidate of agricultural sciences, Ukraine

N. Kotko, candidate of econ. sciences, NAAS, Ukraine

M. Marounek, doctor of agricultural sciences, professor, Czechia

D. Ostapiv, doctor of agricultural sciences, Ukraine

Yu. Olifir, candidate of agricultural sciences, Ukraine

H. Panakhyd, doctor of agricultural sciences, Ukraine

T. Partyka, candidate of biological sciences, Ukraine

O. Palenychak, candidate of econ. sciences, Ukraine

B. Piliarchyk, doctor of agricultural sciences, professor, Poland

Y. Rivis, doctor of agricultural sciences, Ukraine

V. Halak, candidate of agricultural sciences, Ukraine

E. Czerniawska-Piqtowska, doctor hab. inż., professor, Poland

У випуску

РОСЛИННИЦТВО

5 Розвиток сухої фузаріозної гнилі на сортах картоплі на природному інфекційному фоні в умовах західного лісостепу України

Яцук К. І., Ващишин О. А.,
Тимчук І. С.



14 Вплив систем удобрення на агрофізичний стан ґрунту та урожайність просапних культур у короткоротаційних сівозмінах

Качмар О. Й., Дубицька А. О.,
Шерба М. М., Саверин І. В.,
Таравська О. В.



ТВАРИННИЦТВО

21 Особливості накопичення важких металів і різних форм жирних кислот у тканинах черевця та медова продуктивність бджіл залежно від екологічного стану довкілля

Рівіс Й. Ф., Постоецько В. О.,
Стасів О. Ф., Стадницька О. І.,
Саранчук І. І., Клим О. Я.,
Дяченко О. Б., Федак В. Д.,
Гопаненко О. О.



35 Direction of the fermentation processes and level of the volatile fatty acids in liquid content of bull rumen when feeding them different forms of cellulose-containing fodder

Shelevach A. V.



41 Інноваційно-практичні рекомендації науковців

Development of dry fusarious rot on potato varieties on the natural infection background in the western forest-steppe of Ukraine

Yatsukh K., Vashchyshyn O.,
Tymchuk I. 5

The influence of fertilizer systems on the agrophysical condition of the soil and the yield of tilled crops in short rotation crop rotations

Kachmar O., Dubytska A., Shcherba M.,
Taravska O. 14

Features of the accumulation of heavy metals and various forms of fatty acids in the tissues of the abdomen and the honey productivity of bees depending on the ecological state of the environment

Rivis Y., Postoienco V., Stasiv O.,
Stadnytska O., Saranchuk I., Klym O.,
Diachenko O., Fedak V.,
Hopanenko O. 21

Direction of the fermentation processes and level of the volatile fatty acids in liquid content of bull rumen when feeding them different forms of cellulose-containing fodder

Shelevach A. 35

Innovative and practical recommendations of scientists. 41

Рекомендовано до друку

Вченою радою Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, протокол № 2 від 16 березня 2023 р.

За достовірність інформації та реклами відповідають автори та рекламодавці. Редакція може друкувати матеріали не поділяючи думки автора.

Агронаука і практика

Засновник і видавець:

Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України
Редактор А. Шелевач
Комп'ютерна верстка та дизайн Н. Семен

Підп. до друку 16.03.2023.
Формат 30×42/2. Папір ксероксний.
Ум. друк. арк. 5,13. Тираж 100 прим.

Адреса редколегії та видавництва:

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН,
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине
Львівського р-ну Львівської обл., 81115.
Тел./факс +38 (032) 227 97 33,
e-mail: inagrokarpat@isgkr.com.ua

ШАНОВНІ КОЛЕГИ НАУКОВЦІ!



У березні відбулось засідання Національної ради України з питань розвитку науки і технологій. Порядок денний включав питання: "Про результати реформування Національної та галузевих академій наук України у 2021-2022 роках". Доповіді президентів академій розглянуті і позитивно сприйняті членами Національної ради України з питань розвитку науки і технологій.

Від Національної академії аграрних наук України з доповіддю виступив її президент академік НААН Ярослав Гадзало. Зокрема він зазначив, що розпорядженням Кабінету Міністрів України (від 4 серпня 2021 року № 911-р) щодо реформування Національної академії аграрних наук України передбачено виконання 14 пунктів основних заходів. Реалізація яких забезпечить: визначення переліку земельних ділянок, які перебувають у постійному користуванні НААН, встановлення площі ділянок, які використовуються неефективно, або щодо яких відбулося незаконне відчуження, підготовку пропозицій щодо підвищення ефективності їх використання. Загальна площа землекористування наукових установ, організацій та підприємств НААН становить 487,1 тис. га, з них рілля – 383,3 тис. га. Упорядковано перелік об'єктів державної власності, які входять до майнового комплексу Академії, визначено об'єкти нерухомості, які не використовуються або використовуються неефективно, або щодо яких відбулося незаконне відчуження. Підготовлено

пропозиції щодо підвищення ефективності використання державного майна. Із загальної кількості об'єктів нерухомого майна, тобто з 14173 будівель та споруд проведено державну реєстрацію і оформлено право постійного оперативного управління або господарського відання на 3963 об'єкти. Поряд з цим, на 6382 об'єкти оформлено технічні паспорти, у тому числі: будівлі – 5938, споруди – 444. Ця робота продовжується.

За результатами проведеної інвентаризації, виявлено, що 28196 транспортних засобів перебувають у несправному стані, не використовується – 1598; машини та обладнання відповідно 75 та 191.

Пропонуються такі шляхи вирішення проблемних питань: зняти з обліку об'єкти житлового фонду; списати будівлі та споруди, які перебувають в стані руйнації, а їх ремонт недоцільний; передати у комунальну власність системи електропостачання, інші комунікації, дороги та інші об'єкти. Списати транспортні засоби в кількості 1146, машини обладнання – 170 одиниць, що мають 100% зносу.

Постановою Президії НААН утворено Координаційну раду Національної академії аграрних наук України, затверджено її персональний склад із залученням представників центральних органів виконавчої влади, наукових організацій, наукоємних виробничих об'єднань, закладів вищої освіти, представників громадськості.

На засіданнях ради розглядався стан виконання плану заходів з реформування Академії. На виконання вимог Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» щодо уточнення деяких положень» Загальні збори Національної академії аграрних наук України затвердили нову редакцію Статуту НААН, який є в публічному доступі на офіційному сайті Академії.

Проведено упорядкування структури штатного розпису апарату Президії НААН шляхом скорочення одного управління. Чисельність наукових працівників установ Академії зменшилась майже на 10%. При наукових установах НААН функціонують спільні кафедри із закладами вищої освіти, виконуються понад 130 спільних проєктів, участь у виконанні яких беруть 27 установ Академії і понад 50 закладів вищої освіти.

Наукові установи Академії традиційно залишаються ефективною науково-експериментальною базою для проходження навчальної та виробничої практики студентами закладів вищої освіти. Відповідно до нормативних вимог установи НААН успішно пройшли державну атестацію: до I класифікаційної групи віднесено 25 наукових установ; до II групи – 52; до III групи – 8 наукових установ. На виконання розпоряджень Кабінету Міністрів України утворено, шляхом злиття декількох установ, Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва та Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства, що є ефективною реакцією на глобальні процеси зміни клімату. На засіданнях координаційно-методичних рад головних установ з виконання 43-х Програм наукових досліджень Академії розглянуто результати досліджень, дана оцінка їх наукової і практичної значимості.

Для сприяння наукового росту талановитої молоді в Академії започаткована Премія «За кращу наукову доповідь молодого ученого НААН з фундаментальних і прикладних досліджень» і щорічно проводиться Конкурс. З метою активізації наукових досліджень і впровадження інноваційних розробок з врахуванням потреб регіонів за ініціативи Академії створено п'ять міжрегіональних наукових центрів НААН, до складу яких залучені представники закладів вищої освіти, бізнесових структур та громадських організацій. На сьогодні Академія реалізує багато напрямів

співпраці наукових установ із закладами вищої освіти, особливо аграрного профілю, з Національною академією наук України, Національною академією медичних наук України, спілками сільськогосподарських виробників України, з Асоціацією фермерів та приватних землевласників, дорадчими службами та іншими професійними спілками та об'єднаннями.

Вчені Академії широко популяризують свої наукові здобутки, зокрема впродовж 2022 року було видано 91 монографію, 56 підручників та довідників, 201 методичну рекомендацію, 1859 наукових статей, 2439 тез наукових конференцій. Опубліковано 371 статтю у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та/або Web of Science. Установи НААН поліпшують свою діяльність щодо інтеграції в європейський і світовий науковий простір. Укладені договори про співпрацю з 67 науковими установами 42 країн світу.

Академія є співзасновником Європейської спілки Академій Аграрних Наук та входить до складу понад 120 міжнародних наукових асоціацій та об'єднань. У 2022 році НААН виконувала 208 спільних міжнародних наукових проєктів, з них 51 угода пролонгована з 2021 року; отримано 14 грантів.

На завершення Ярослав Михайлович Гадзало висловив щире подяку Міністру і членам Національної ради за підтримку науки в надзвичайно складний для України час – час війни із московським агресором та заодно попросив зробити все можливе для підняття і підтримки іміджу вітчизняної науки в суспільстві, оскільки економічного розвитку і прогресу неможливо досягти без науки. Нам потрібно також на всіх рівнях працювати над відновленням шани і поваги як до праці науковців, так і до самих науковців, які складають основу інтелігенції та еліти нашого суспільства. Як показала війна, науковці є великими патріотами України.

**ЯРОСЛАВ ГАДЗАЛО, доктор сільськогосподарських наук,
Президент Національної академії аграрних наук України.**

Наукова діяльність

РОСЛИННИЦТВО

© К. І. Яцух, О. А. Вашишин, І. С. Тимчук
УДК 632.25:635.21

DOI: 10.32636/agroscience.2023-(2)-1-1

**РОЗВИТОК СУХОЇ ФУЗАРІОЗНОЇ ГНИЛІ НА СОРТАХ КАРТОПЛІ
НА ПРИРОДНОМУ ІНФЕКЦІЙНОМУ ФОНІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

¹Катерина ЯЦУХ, кандидат біологічних наук

¹Оксана ВАЩИШИН, науковий співробітник

²Іван ТИМЧУК, кандидат сільськогосподарських наук

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна

²Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С. Бандери, 12, Львівська обл., м. Львів, 79000, Україна
e-mail: k_yatsukh@meta.ua

У статті наведено результати досліджень розвитку сухої фузаріозної гнилі 32 сортів картоплі різної групи стиглості на природному інфекційному фоні.

Встановлено, що на розвиток цієї хвороби впливали погодні умови вегетаційних періодів картоплі та особливості досліджуваних сортів.

Ураження бульб сухою фузаріозною гниллю в групі ранніх сортів картоплі впродовж 2011-2015 рр. знаходилося в межах від 1,0 % до 13,2 %, в групі середньоранніх сортів картоплі – від 1,1 % до 10,0 %, в групі середньостиглих сортів картоплі – від 1,0 % до 6,2 %, в групі середньопізніх сортів картоплі – від 1,2 % до 4,7 %.

Встановлено, що в середньому за п'ять років в групі ранніх сортів картоплі відносно стійкими до ураження сухою фузаріозною гниллю були сорти Аноста (0,5 %), Щедрик (1,2 %) та Аграрна (1,4 %); в групі середньоранніх сортів картоплі – Мавка, Дара, Санта (по 2,3 %).

В групі середньостиглих сортів картоплі бульби сорту Тайфун були стійкими до збудника сухої фузаріозної гнилі, відносно стійкими – сорту Гірська (0,5 %); в групі середньопізніх сортів картоплі бульби сорту Ольвія були стійкими до вищевказаного захворювання, відносно стійкими – сорту Червона рута.

Із ранньої групи стиглості найвищу врожайність в середньому за п'ять років досліджень проявили сорти картоплі Щедрик (38,4 т/га), Аноста (38,3 т/га) та Ластівка (35,6 т/га): в групі середньоранніх – сорти картоплі Свалявська (35,9 т/га), Обрій (35,6 т/га), Мавка та Дара (по 35,4 т/га); в групі середньостиглих – сорти картоплі Тайфун (42,6 т/га), Гірська (38,1 т/га), Воля (36,7 т/га) та Слов'янка (36,4 т/га); в групі середньопізніх – сорт Ольвія (41,8 т/га).

Ключові слова: картопля, суха фузаріозна гниль, розвиток хвороби, природний інфекційний фон, урожайність.

Вступ. Картопля, як продукт повсякденного харчування і сировина для переробної промисловості в Україні, є однією з найважливіших сільськогосподарських культур, в тому числі і в західному регіоні. Щодо продовольчого значення картоплі, то її не просто так називають «другим хлібом». Рівень споживання картоплі в країні є одним з найголовніших індикаторів продовольчої безпеки, яка, в свою чергу, є складовою економічної безпеки країни. Але її використання є більш широким, так як вона використовується не тільки для приготування великої кількості кулінарних продуктів, а й для переробки на картоплепродукти, крохмаль, шрот, а також як корм для худоби. Ця культура популярна у всьому світі. Вона займає чільне місце у структурі продовольчої продукції за обсягами споживання та географічною поширеністю. Це цінна технічна культура. Щодо останнього напрямку, то картоплю або продукти її переробки використовують для виробництва клею, спирту, а також у фармацевтичній галузі. В Східноєвропейських країнах до 50 % вирощеної

картоплі йде на корм свійським тваринам (Колтунов В. А. та ін., 2019, Кордулян Ю. В. та ін., 2019).

Першочерговим завданням в галузі картоплярства є збільшення врожайності картоплі та покращення її якості (Бомок С. К. та ін., 2020, Яцух К. І., 2023). Картопля відноситься до культур, які в значній мірі уражуються хворобами, що призводить до суттєвого зниження урожаю. Внаслідок такого ураження щорічний недобір урожаю в Україні становить 20-25 % (Сергієнко В., 2015, Тактаєв Б. А., Подберезко І. М., 2020).

Стратегія боротьби з хворобами та шкідниками картоплі має ґрунтуватися на застосуванні інтегрованої системи захисту рослин, яка полягає в комплексному застосуванні агротехнічних, хімічних, біологічних та організаційно-господарських методів контролю чисельних паразитів картоплі, зокрема, впровадження нових технологій вирощування та нових сортів цієї культури (Марков І. Л., Рубан М. Б., 2014, Ретьман М. С. та ін., 2015, Теслюк П. С. та ін., 2017, Мельничук Ф. С. та ін., 2019, Тактаєв Б. А. та ін., 2020).

Витрати на закупівлю засобів захисту в Україні перевищують 350 млн дол. США (Кравченко В. А. та ін., 2013).

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу вимоги до безпеки заходів із захисту сільськогосподарських культур від шкідливих організмів постійно підвищуються. В даний час можна виділити два основних підходи для екологічно безпечного контролю фітопатогенів: розробка біологічних препаратів, як альтернатива щодо застосування хімічних пестицидів та створення сортів стійких до хворіб (Лісовий М. П. та ін., 2014, Федорчук С. В. та ін., 2017, Колтунов В. А., Бородай В. В., 2017, Тактаєв Б. А., Подберезко І. М., 2020).

На бульбах картоплі переважають суха гниль, парша звичайна, фітофтороз, мокра бактеріальна та кільцева гнилі (Мельничук Ф. С. та ін., 2019, Бородай В. В., Парфенюк А. І., 2018).

Вивчення нового вихідного матеріалу, пошук і підбір нових джерел для одержання якісних гібридних популяцій, як основи виведення сортів картоплі, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, є одним з актуальних завдань (Завірюха Д., Ліщинська, Н. 2013). Експериментальні фітопатологічні дослідження щодо вивчення стійкості сортів картоплі проти збудників є одним із важливих напрямів захисту рослин, оскільки стійкість сортів зменшується, а згодом – втрачається назавжди. Фітопатогени мають здатність пристосовуватися до нових сортів рослин живителів. Їхні види представлені великою кількістю популяцій, що складаються із різних за вірулентністю рас, штамів, патотипів, вони швидко розмножуються та впродовж кількох років можуть поширитись на великій території, витісняючи інші, менш вірулентні та агресивні раси збудників, уражуючи сорти, раніше стійкі проти тієї чи іншої хвороби (Бомок С. К., 2019).

Фузаріоз на картоплі поширений в усіх зонах України. В основному його шкідливість полягає в ураженні бульб при зберіганні. Він вважається однією з найбільш шкідливих хвороб у всьому світі. Це захворювання бульб картоплі, що викликається грибами роду *Fusarium*, поширене в усіх зонах картоплярства. Джерело інфекції – ґрунт, в якому гриб зберігається у вигляді мікросклеротії і хламідоспор, іноді в насінневих бульбах. Столонна гниль найбільш небезпечна за високої температури повітря. Сприяє значне зниження врожаю. Уражуються бульби в період вегетації. Оптимальними умовами для її розвитку є температура повітря 15-17 °С, відносна вологість – 70 % (Ващишин О. А., 2014). Основними симптомами на бульбах є поява спочатку невеликих сірувато-бурих злегка вдавлених плям, тканина під ними стає сухою, трохлявою, шкірка в місцях ураження – зморшкуватою. Згодом гниль охоплює всю бульбу, під впливом ферментів руйнуються стінки клітин і протоплазма. Тканини столонної частини бульби розм'якшуються, стають сухими,

коричневими. В них часто утворюються порожнини, заповнені білим міцелієм гриба (Гордієнко В. В. та ін., 2014, Швартай В. В. та ін., 2016, Zhilinskaia N. et al., 2016, Stefańczyk Emil et al., 2016, Чередниченко Л. М. та ін. 2019, Youssuf A. et al., 2019, Зея Г. В. та ін., 2020).

За дослідженнями Тактаєва Б. А., Подберезко І. М. впродовж 2016-2017 рр. у зоні південного Полісся України відносно низький рівень розвитку сухої гнилі відмічено на сортах картоплі Щедрик, Кіммерія, Скарбниця, Слов'янка (в межах 4,5-6,5 %) (Тактаєв Б. А., Подберезко І. М., 2020). Автором Бомок С. К. встановлено, що в умовах *in vitro* у сімнадцяти сортів картоплі української та іноземної селекції ураження сухою фузаріозною гниллю становило 3,8–15,7 %, у порівнянні з контрольним варіантом – 51,6 % (сорт Скарбниця) одинадцять сортів мали високу стійкість: Барвіна, Бельмонда, Беллароза, Лабелла, Глазурна, Кіммерія, Повінь, Тирас, Карера, Марлен, Сорая; як стійкі було визначено шість сортів: Венді, Тоскана, Монте-Карло, Серпанок, Слов'янка (Бомок С. К., 2019).

Нині в Україні є багато сортів і гібридів картоплі, стійких і відносно стійких проти одного чи групи збудників хвороб, широке використання яких позитивно впливає на стан навколишнього середовища.

Враховуючи викладене вище, метою роботи було визначити прояв і розвиток сухої фузаріозної гнилі на 32 сортах картоплі різних груп стиглості на природному інфекційному фоні.

Матеріали та методи.

Полеві дослідження проведено на полях Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН згідно методик (ІК НААН 2002, за ред. Трибеля С.О., 2013) впродовж 2011-2015 рр. Висаджували по 10 бульб кожного сорту у 4-разовій повторності (табл. 1). Попередник – пшениця озима. Технологія вирощування картоплі – загальноприйнята для даного регіону. Опрацювання та узагальнення результатів досліджень проведено з використанням статистичного методу математичної статистики (Єщенко В. О. та ін., 2014).

Результати та обговорення.

Відомо, що поширення і ступінь розвитку хвороб в основному залежать від погодних умов. Вегетаційний період в 2011-2015 рр. за кількістю опадів і температурою були нерівнозначні.

У 2011 р. на початку вегетації картоплі, у травні температура повітря перевищувала середню багаторічну на 1,0 °С і становила 13,9 °С, впродовж червня й липня – на 2,2 та 1,4 °С (становила 18,5 °С та 18,9 °С, відповідно), а в серпні – вже на 2,3 °С (становила 19,2 °С). Кількість опадів в травні та червні була на 22,4 мм (62,6 мм замість 85 мм) та 5,8 мм менше від норми (87,2 мм замість 93 мм). В липні та серпні спостерігався надлишок опадів на 34,8 мм (136,8 мм замість 102 мм) та 30,1 мм (112,1 мм замість 82 мм) (рис. 1, рис. 2).

У травні 2012 р. температура повітря перевищувала середню багаторічну на 1,9 °С і становила 14,8 °С, впродовж червня й липня – на 1,7 та 4,8 °С (становила 18,0 °С та 21,3 °С, відповідно), а в серпні – на 2,2 °С (становила 19,1 °С). Кількість опадів в травні була на 32,0 мм (53,0 мм замість 85

мм) менша від норми, в червні – на 16 мм більша норми (109,0 мм замість 93 мм). В липні та серпні спостерігалася недостача опадів на 35,0 мм (67,0 мм замість 102) та 11,0 мм (71,0 мм замість 82 мм) (рис. 1, рис. 2).

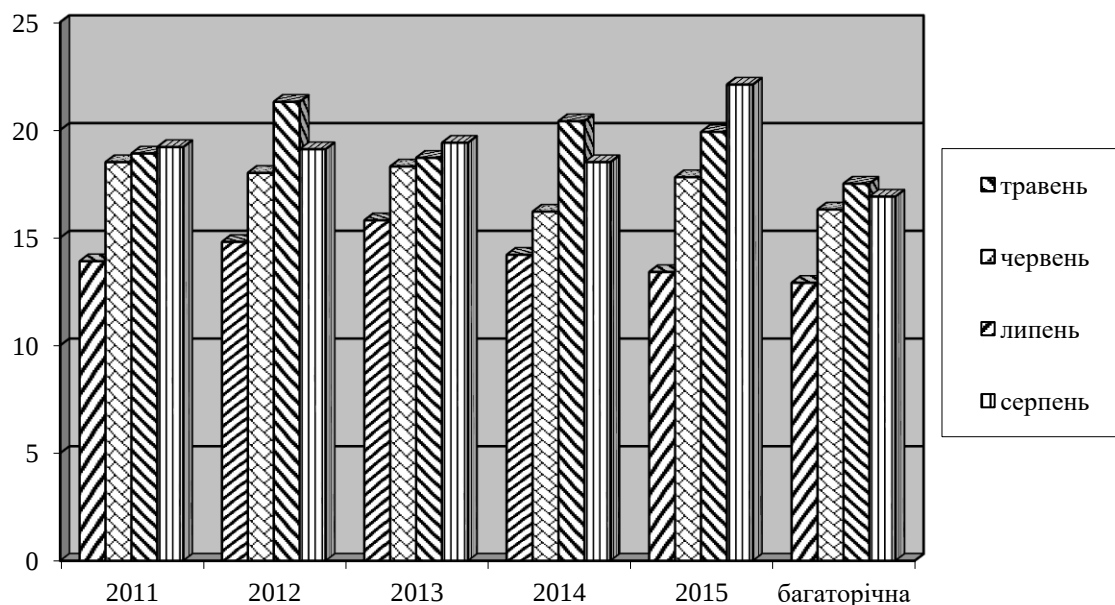


Рисунок 1. Температура повітря протягом вегетаційних періодів, °С

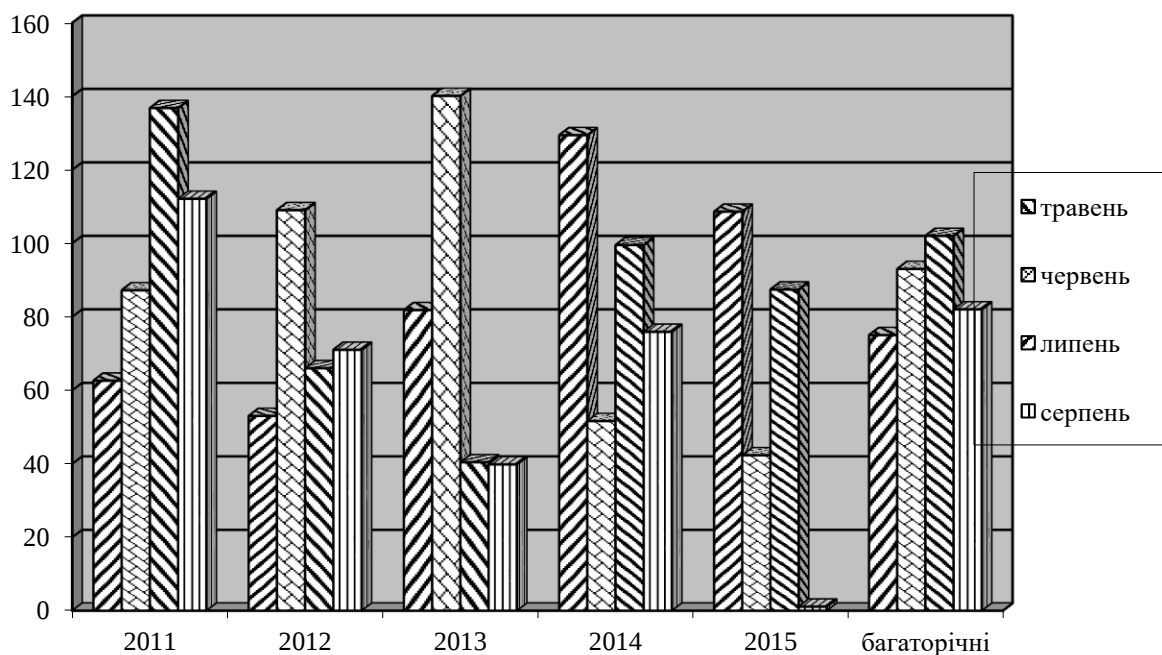


Рисунок 2. Опади протягом вегетаційних періодів, мм

Погодні умови 2013 року були нерівнозначні. Так, температура повітря в травні була на 2,9 °С

вища за норму (становила 15,8 °С), а кількість опадів – на 3,2 мм менша від норми (81,8 мм замість 85).

Червень характеризувався порівняно теплою і вологою погодою (опадів випало на 47,1 мм більше від норми – 140,1 мм замість 93 мм) і температура повітря на 2,0 °C вища норми (становила 18,3 °C). Температура повітря в липні була на 1,2 °C вища багаторічної (становила 18,7 °C), а кількість опадів – на 61,6 мм менша від норми (40,4 мм замість 102 мм). Температура повітря в серпні була на 2,5 °C вища норми (становила 19,5 °C), а кількість опадів – на 42,2 мм менша від норми (39,8 мм замість 82 мм) (рис. 1, рис. 2).

У травні 2014 р. температура повітря перевищувала середню багаторічну на 1,3 °C і становила 14,2 °C, в червні була на 0,1 °C нижча норми (становила 16,2 °C), впродовж липня та серпня – на 2,9 та 1,6 °C вища норми (становила 20,4 °C та 18,5 °C, відповідно), а в серпні – на 2,2 °C вища норми (становила 19,1 °C). Кількість опадів в травні була на 22,0 мм (53,0 мм замість 75 мм) менша від норми, в червні – на 16 мм більша норми (109,0 мм замість 93 мм). В липні та серпні спостерігалася недостача опадів на 35,0 мм (67,0 мм замість 102 мм) та 11,0 мм (71,0 мм замість 82 мм) (рис. 1, рис. 2).

У травні 2015 р. температура повітря перевищувала середню багаторічну всього на 0,5 °C і становила 13,4 °C, впродовж червня та липня – на 1,5 та 2,5 °C вища норми (становила 17,8 °C та 19,9 °C, відповідно). Серпень був спекотним. Температура повітря була на 5,2 °C вища норми (становила 22,1 °C). Кількість опадів тільки в травні була на 13,6 мм (108,6 мм замість 85 мм) більша від норми, в червні – на 50,7 мм менша норми (42,3 мм замість 93 мм). В липні та серпні спостерігалася недостача опадів на 14,6 мм (87,4 мм замість 102 мм) та 80,9 мм (1,1 мм замість 82 мм) (рис. 1, рис. 2).

Отже, середньомісячна температура травня–серпня перевищувала багаторічну за всі роки досліджень, крім червня 2014 року. Кількість опадів перевищувала багаторічну в травні – 2013–2015 рр., в червні – в 2012 та 2013 рр., в липні та серпні – в 2011 році. Такі погодні умови вегетаційних періодів

картоплі, особливо другої половини, впливали на прояв та розвиток сухої фузаріозної гнилі на сортах картоплі різної групи стиглості. В цілому температурний режим та кількість опадів були достатніми для прояву та розвитку сухої фузаріозної гнилі на бульбах картоплі. Слід врахувати, що це захворювання може викликатися різними видами грибів роду *Fusarium* (Вомок С. К., Ріковський М. У., 2019), які здатні пристосовуватися до погодних умов.

Результати досліджень показують, що в групі ранніх сортів ураження бульб сухою фузаріозною гниллю в 2011 р. було наступним: із дев'яти сортів картоплі уразилися хворобою чотири: Беллароза, Вінетта, Дніпрянка та Серпанок, розвиток хвороби на яких становив 2,1; 2,2; 1,8 та 2,0 %, відповідно. Не уразилися хворобою сорти картоплі Кобза, Аграрна, Краса, Ліщина та Ластівка (табл. 1). В 2012 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах становив від 1,9 до 5,1 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сортів Ліщина (5,1 %), Ластівка та Кобза (по 4,2 %), не уразилися хворобою бульби сортів картоплі Щедрик та Вінетта. В 2013 р. відмічено сильний розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах сортів картоплі, який був в межах 2,8–13,2 відсотка.



Таблиця 1. Ураженість бульб картоплі сухою фузаріозною гниллю, %

Сорт	Група стиглості	Роки					Середнє
		2011	2012	2013	2014	2015	
Кобза (st)	Рання	0	4,2	3,3	2,0	5,0	2,9
Аграрна		0	2,0	0	1,0	3,0	1,4
Беллароза		2,1	3,0	3,5	2,0	4,0	2,9
Щедрик		-	0	3,0	0	2,0	1,2
Вінетта		2,2	0	7,4	3,0	6,0	3,7
Дніпрянка		1,8	3,2	13,2	3,0	6,0	5,4
Краса		0	1,9	6,7	2,0	3,0	2,7
Ліщина		0	5,1	7,9	3,0	4,0	4,0
Ластівка		0	4,2	3,3	1,0	6,0	2,9
Серпанок		2,0	2,6	2,8	1,0	4,0	2,5
Аноста		-	2,1	0	0	0	0,5
Мавка (st)	Середньорання	0	2,3	3,3	2,0	4,0	2,3
Дара		0	3,8	2,7	3,0	2,0	2,3
Забава		1,1	4,6	2,3	4,0	4,0	3,4

Лаура	Середньостигла	0	3,4	0	3,0	10,0	3,3
Обрій		1,1	2,9	3,1	4,0	6,0	3,4
Свалявська		0	3,0	6,2	3,0	4,0	3,2
Санте		0	4,9	3,6	1,0	2,0	2,3
Слава (st)		0	3,5	6,2	2,0	4,0	3,1
Билина		0	0	5,0	2,0	3,0	2,0
Воля		1,0	0	0	3,0	2,0	1,2
Гірська		0	2,6	0	0	0	0,5
Красень		0	0	4,1	2,0	2,0	1,6
Легенда		0	0	3,0	2,0	3,0	1,6
Слов'янка		0	0	0	2,0	3,0	1,0
Тайфун		0	0	0	0	0	0
Євростарч		0	0	0	5,0	4,0	1,8
Лілея		0	2,0	-	-	-	1,0
Луговська		0	-	-	-	-	0
Оксамит 99 (st)	Середньопізня	0	2,3	4,7	3,0	3,0	2,6
Ольвія		0	0	0	0	0	0
Червона рута		1,2	0	0	2,0	2,0	1,0
НІР ₀₅		1,0	2,5	1,5	1,9	2,1	

Примітка: - відсутність сорту в даному році

Найбільш ураженими були бульби сортів Дніпрянка (13,2 %), Ліщина (7,9 %), Вінетта (7,4 %), Краса (6,7 %), не уразилися цією хворобою бульби сортів картоплі Аноста та Аграрна. В 2014 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах ранніх сортів картоплі становив від 1,0 до 3,0 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сортів Вінетта, Дніпрянка, Ліщина (по 3,0 %), не уразилися хворобою бульби сортів картоплі Аноста та Щедрик. В 2015 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах ранніх сортів картоплі становив від 2,0 до 6,0 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сортів Вінетта, Дніпрянка, Ластівка (по 6,0 %) та Кобза (5,0 %), не уразився хворобою тільки сорт картоплі Аноста (табл. 1). Підсумовуючи вищенаведене, можна зробити висновок, що із досліджуваних в групі ранніх сортів картоплі впродовж 2011-2015 рр. не виявлено стійких сортів до збудника сухої фузаріозної гнилі. Відносно стійкими до вказаного захворювання були сорти картоплі Аноста, Щедрик та Аграрна (табл. 1).

У групі середньоранніх сортів ураження бульб сухою фузаріозною гниллю в 2011 р. було наступним: із семи сортів картоплі уразилися хворобою тільки два: Забава та Обрій, розвиток хвороби на яких становив по 1,1 відсотка. Не уразилися хворобою сорти картоплі Мавка, Дара, Лаура, Свалявська та Санте. В 2012 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах становив від 2,3 до 4,9 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сорту Санте (4,9 %) та Забава (4,6 %), найменше ураження хворобою відзначено на сорті Мавка (2,3 %). В 2013 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах сортів картоплі був в межах 2,3-6,2 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сорту Свалявська (6,2 %), не уразилися цією хворобою бульби сорту Лаура. В 2014 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах середньоранніх сортів картоплі становив

від 1,0 до 4,0 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сортів Забава та Обрій (по 4,0 %), найменше ураження хворобою відзначено на сортах картоплі Санте (1,0 %) та Мавка (2,0 %). В 2015 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах сортів картоплі цієї групи становив від 2,0 до 10,0 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сортів Лаура (10,0 %) та Обрій (6,0 %), найменше ураження цією хворобою відзначено на сортах картоплі Дара та Санте (по 2,0 %) (табл. 1). Отже, із 7 досліджуваних в групі середньоранніх сортів картоплі впродовж 2011-2015 рр. не виявлено стійких сортів до збудника сухої фузаріозної гнилі, найменш ураженими вказаним захворюванням були бульби сортів Мавка та Дара (табл. 1).

В групі середньостиглих сортів ураження бульб сухою фузаріозною гниллю в 2011 р. було наступним: із 11 сортів картоплі уразилися хворобою тільки бульби сорту Воля, розвиток хвороби на яких становив 1,1 відсотка. Не уразилися хворобою бульби сортів Слава, Билина, Гірська, Красень, Легенда, Слов'янка, Тайфун, Євростарч, Лілея та Луговська. В 2012 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах відзначено на сортах Слава, Гірська та Лілея із десяти досліджуваних сортів і становив 3,5; 2,6 та 2,0 %, відповідно. Не уразилися хворобою бульби картоплі сортів Билина, Воля, Красень, Легенда, Слов'янка, Тайфун та Євростарч. В 2013 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі спостерігали на бульбах сортів Слава (6,2 %), Билина (5,0 %), Красень (4,1 %) та Легенда (3,0 %). Не уразилися цією хворобою бульби сортів Воля, Гірська, Слов'янка, Тайфун та Євростарч. В 2014 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах картоплі середньостиглих сортів становив від 2,0 до 5,0 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сорту Євростарч (5,0 %), який впродовж 2011-2013 рр. не уражувався цією хворобою та сорту Воля (3,0 %), який в 2012-2013 рр. також не уражувався

вищевказаною хворобою. Не уразилися цією хворобою бульби картоплі сортів Гірська та Тайфун. В 2015 р. розвиток сухої фузаріозної гнилі на бульбах картоплі цієї групи стиглості становив від 2,0 до 4,0 відсотка. Найбільш ураженими були бульби сортів Слава, Євростарч (по 4,0 %), не уразився хворобою тільки сорт Тайфун (табл. 1). Підсумовуючи вищенаведене, можна зробити висновок, що із досліджуваних в групі середньостиглих сортів картоплі впродовж 2011-2015 рр. тільки бульби сорту Тайфун були стійкими до збудника сухої фузаріозної гнилі, відносно стійкими – сорту Гірська (табл. 1).

Найменше ураження бульб сухою фузаріозною гниллю відзначено на сортах картоплі середньопізньої групи стиглості. Із трьох досліджуваних сортів Оксамит 99, Ольвія та Червона рута ураженими збудником цієї хвороби були бульби сортів: в 2011 р. – Червона рута (1,2 %), в 2012-2013 рр. – Оксамит 99 (2,3 та 4,7 %, відповідно), в 2014-2015 рр. – Оксамит 99 та Червона рута (по 3,0 та 2,0 %, відповідно). Бульби картоплі сорту Ольвія впродовж 2011-2015 рр. були стійкими до збудника сухої фузаріозної гнилі.

Урожайність картоплі відрізнялася як за сортами, так і за роками досліджень (табл. 2). Крім цього не було прямого зв'язку між ураженістю бульб картоплі сухою фузаріозною гниллю та врожайністю культури.

В групі ранніх сортів найвищу врожайність відзначено: в 2011 році в сортах Краса (32,5 т/га), Ластівка (30,8 т/га) та Беллароза (30,7 т/га); в 2012 р. – в сортах Щедрик (48,7 т/га), Аноста (47,8 т/га), Аграрна (46,8 т/га) та Ластівка (46,2 т/га); в 2013 р. – в сортах Щедрик (26,2 т/га), Беллароза (22,0 т/га), Аноста (21,5 т/га) та Серпанок (21,4 т/га); в 2014 р. – в сортах Аноста (55,0 т/га), Краса (54,5 т/га), Ластівка (52,5 т/га), Ліщина та Серпанок (по 51,9 т/га); в 2015 р. – в сортах Щедрик (36,5 т/га),

Аграрна (32,2 т/га) та Ліщина (31,6 т/га). Отже, із ранньої групи стиглості за п'ять років досліджень високу врожайність впродовж трьох років проявили сорти картоплі Щедрик (2012-2013 рр., 2015 р.),



Аноста (2012-2014 рр.) та Ластівка (2011-2012 рр., 2014 р.) (табл. 2).

В групі середньоранніх сортів найвищу врожайність відзначено: в 2011 році – в сортах Обрій (29,2 т/га), Дара (28,6 т/га) та Свалявська (27,0 т/га); в 2012 р. – в сортах Дара (47,6 т/га), Свалявська (47,0 т/га), Мавка та Обрій (по 44,0 т/га); в 2013 р. – в сортах Санте (22,0 т/га), Обрій (20,4 т/га), Свалявська (19,6 т/га) та Мавка (18,7 т/га); в 2014 р. – в сортах Мавка (53,4 т/га), Дара (52,8 т/га), Обрій (52,3 т/га) та Свалявська (51,7 т/га); в 2015 р. – в сортах Санте (38,8 т/га), Мавка (34,9 т/га), Свалявська (34,1 т/га) та Дара (32,5 т/га). Отже, із середньоранньої групи стиглості за роки досліджень високу врожайність впродовж 5 років проявили сорти картоплі Обрій та Свалявська; впродовж 4-х – сорт Мавка (2012-2015 рр.); впродовж 3-х років – сорт Дара (2011-2012 рр. та 2014 р.) (табл. 2).

Таблиця 2. Урожайність сортів картоплі, т/га

Сорт	Група стиглості	Роки					Середнє
		2011	2012	2013	2014	2015	
Кобза (st)	Рання	24,8	39,7	20,2	42,0	26,1	30,6
Аграрна		27,8	46,8	16,5	47,3	32,2	34,1
Беллароза		30,7	39,7	22,0	45,7	28,6	33,3
Щедрик		-	48,7	26,2	42,2	36,5	38,4
Вінетта		22,6	25,0	16,0	34,1	30,8	25,7
Дніпрянка		25,3	41,2	15,4	46,8	28,1	31,4
Краса		32,5	41,8	14,9	54,5	30,0	34,7
Ліщина		26,4	34,8	20,9	51,9	31,6	33,1
Ластівка		30,8	46,2	19,6	52,3	29,2	35,6
Серпанок		28,5	36,6	21,4	51,9	23,4	32,4
Аноста		-	47,8	21,5	55,0	28,9	38,3
Мавка (st)	Середньорання	25,9	44,0	18,7	53,4	34,9	35,4
Дара		28,6	47,6	15,4	52,8	32,5	35,4
Забава		24,2	28,1	16,0	39,1	29,4	27,4
Лаура		26,5	29,3	15,4	47,9	24,0	28,6
Обрій		29,2	44,0	20,4	52,3	32,2	35,6

Свалівська	Середньостигла	27,0	47,0	19,6	51,7	34,1	35,9
Санте		25,7	39,1	22,0	40,2	38,8	33,2
Слава (st)		26,4	33,6	21,5	40,7	32,2	30,9
Билина		27,8	26,4	25,0	42,4	38,5	32,0
Воля		30,8	38,5	24,4	58,3	31,2	36,7
Гірська		29,2	47,8	23,1	57,8	32,7	38,1
Красень		28,6	45,0	19,8	47,8	31,1	34,5
Легенда		27,8	46,4	27,5	47,9	46,5	39,2
Слов'янка		30,0	48,1	23,7	50,6	29,7	36,4
Тайфун		34,1	47,0	28,6	62,7	40,4	42,6
Євростарч		26,4	37,4	20,0	33,0	20,6	27,5
Лілея		25,6	42,7	-	-	-	34,2
Луговська		26,4	-	-	-	-	26,4
Оксамит 99 (st)	Середньопізня	25,6	43,1	22,6	45,1	35,2	34,3
Ольвія		32,5	45,3	27,9	61,1	42,4	41,8
Червона рута		27,5	44,0	29,3	59,4	35,5	39,1
НІР ₀₅		2,5	2,5	2,0	3,1	2,6	

Примітка: - відсутність сорту в даному році

В групі середньостиглих сортів найвищу врожайність відзначено: в 2011 році – в сортах Тайфун (34,1 т/га), Воля (30,8 т/га), Слов'янка (30,0 т/га) та Гірська (29,2 т/га); в 2012 р. – в сортах Слов'янка (48,1 т/га), Гірська (47,8 т/га), Тайфун (47,0 т/га) та Легенда (46,4 т/га); в 2013 р. – в сортах Тайфун (28,6 т/га), Легенда (27,5 т/га), Билина (25,0 т/га) та Воля (24,4 т/га); в 2014 р. – в сортах Тайфун (62,7 т/га), Воля (58,3 т/га), Гірська (57,8 т/га) та Слов'янка (50,6 т/га); в 2015 р. – в сортах Легенда (46,5 т/га), Тайфун (40,4 т/га), Билина (38,5 т/га) та Гірська (32,7 т/га). Отже, із середньостиглої групи за п'ять років досліджень високу врожайність впродовж 5 років проявив сорт картоплі Тайфун; впродовж 4-х – сорт Гірська (крім 2013 р.); впродовж 3-х років – сорти Легенда (2012-2013 рр. та 2015 р.), Слов'янка (2011-2012 рр. та 2014 р.) та Воля (2011 р., 2013-2014 рр.) (табл. 2).

Із трьох сортів картоплі середньопізньої групи стиглості найвищу врожайність впродовж 2011-2012 рр. та 2014-2015 рр. показав сорт Ольвія (32,5 т/га; 45,3 т/га; 61,1 т/га та 42,4 т/га, відповідно), в 2013 р. – сорт Червона рута (29,3 т/га) (табл. 2).

Висновки.

Встановлено, що розвиток сухої фузаріозної гнилі в групі ранніх сортів картоплі впродовж 2011-2015 рр. коливався від 1,0 % до 13,2 %. Найбільш ураженими були бульби сортів Дніпрянка, Ліщина та Вінетта. В цій групі не виявлено стійких сортів картоплі до збудника сухої фузаріозної гнилі. Відносно стійкими до вказаного захворювання були сорти картоплі Аноста, Щедрик та Аграрна.

Розвиток сухої фузаріозної гнилі в групі середньоранніх сортів картоплі впродовж 2011-2015 рр. відзначено в межах від 1,1 % до 10,0 %. Найбільш ураженими були бульби сортів Забава, Обрій та Лаура. В цій групі не виявлено стійких сортів картоплі до збудника сухої фузаріозної гнилі. Найменш ураженими вказаним захворюванням були бульби сортів картоплі Мавка, Дара та Санте.

Розвиток сухої фузаріозної гнилі в групі середньостиглих сортів картоплі впродовж 2011-2015 рр. коливався від 1,0 % до 6,2 %. Найбільш ураженими були бульби сортів Слава, Билина та Євростарч. В цій групі стиглості тільки бульби сорту Тайфун були стійкими до збудника сухої



фузаріозної гнилі, відносно стійкими – сорту Гірська.

Найменше ураження бульб сухою фузаріозною гниллю відзначено на сортах картоплі середньопізньої групи стиглості. Розвиток хвороби впродовж досліджень коливався від 1,2 % до 6,6 %. Бульби сорту Ольвія впродовж 2011-2015 рр. були стійкими до збудника сухої фузаріозної гнилі, відносно стійкими – сорту Червона рута.

Із ранньої групи стиглості найвищу врожайність в середньому за п'ять років досліджень проявили сорти картоплі Щедрик (38,4 т/га), Аноста (38,3 т/га) та Ластівка (35,6 т/га).

В групі середньоранніх сортів найвищу врожайність в середньому за п'ять років досліджень проявили сорти картоплі Свалявська (35,9 т/га), Обрій (35,6 т/га), Мавка та Дара (по 35,4 т/га).

В групі середньостиглих сортів найвищу врожайність в середньому за п'ять років досліджень проявили сорти картоплі Тайфун (42,6 т/га), Гірська (38,1 т/га), Воля (36,7 т/га) та Слов'янка (36,4 т/га).

Із трьох сортів картоплі середньопізньої групи стиглості найвищу врожайність в середньому за п'ять років досліджень проявив сорт Ольвія (41,8 т/га).

Список використаної літератури

- Bomok S. K. (2019) Resistance of tubers of potato varieties against dry fusarium rot in vitro. Quarantine and plant protection. No. 11/12. С. 25-28. (In Ukrainian).
- Bomok S. K., Pikovskyi M. Y. (2019). Symptomatology of *Fusarium* dry rot of potato tubers. *Scientific reports NUBIP of Ukraine*. № 5 (81). DOI: 10.31548/dopovid2019.05.006
- Bomok S. K., Taktaev B. A., Pikovsky M. Y., Maryeva O. M. (2020). Biochemical changes in affected potato tubers. Quarantine and plant protection. No. 1. P. 9-12.
- Borodai V.V., Parfenyuk A.I. (2018) Prevalence and development of major diseases of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in Ukraine. *Agroecological journal*. No. 4. P. 82-87. (In Ukrainian).
- Cherednychenko L.M., Furdyga M.M., Tomash A.I. (2019). Evaluation of tubers of potato breeding material for resistance to fusarium dry rot using artificial infection. *Potato farming*. Issue 44. P. 64-70. (In Ukrainian).
- Fedorchuk S. V. (2017). The influence of chemical biopreparations, biological and growth regulators on the development of pathogens *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans*. *Taurian Scientific Bulletin*. Kherson, No. 98. P. 128-133. (In Ukrainian).
- Gordienko V.V., Podgaetskyi A.A., Sobran V.V. (2014). Resistance of primary and secondary interspecies potato hybrids against *Fusarium* dry rot. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Agronomy and Biology"* series. Issue 9 (28). P. 149-152. (In Ukrainian).
- Koltunov V. A., Borodai V. V. (2017). Agroecological aspects of increasing the productivity and quality of potato tubers under the condition of using biological preparations. *Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Biology, biotechnology, ecology series*. Kyiv, No. 270. P. 207-218. (In Ukrainian).
- Koltunov V. A., Danilkova T. V., Borodai V. V. (2019). Problems of ecologically clean potato production. *Potato farming*. Issue 44. P. 127-142. (In Ukrainian).
- Kordulyan Yu. V., Gunchak M. V., Solomiychuk M. P. (2019). Influence of biological preparations on indicators of yield and profitability of potatoes. *Potato farming*. Issue 44. P.151-158. (In Ukrainian).
- Kravchenko V. A., Sych Z. D., Kornienko S. I., Horova T. K., Zhuk O. Ya., Kondratenko S. I. (2013). Selection of vegetable plants: theory and practice. Kyiv: NUBiP, 362 p. (In Ukrainian).
- Lisovyi M.P., Lisova H.M., Afanasyeva O.G., Boyko I.A., Golosna L.M., Dovgal Z.M. (2014). Plant immunity — theory put into practice. *Protection and quarantine of plants*. Issue 60. P. 119-210. (In Ukrainian).
- Markov I. L., Ruban M. B. (2014). Handbook on the protection of field crops from diseases and pests. Kyiv, 2014. 188 p. (In Ukrainian).
- Melnichuk, F., Alekseeva, S., & Hordiienko, O. (2019). Protection of potato crops against pests. *Land Reclamation and Water Management*, (1), 99 - 107. DOI: 10.31073/mivg201901-166 (In Ukrainian).
- Methodological recommendations for conducting research with potatoes. (2002). Nemishaeve, 182 p.
- Retman M. S., Melnychuk F. S., Drozd P. Yu. et al. (2015). Fungicidal potato protection systems used in conditions of intensive technologies. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine: Series: Agronomy*. Issue 210, part 1. P. 291-294. (In Ukrainian).
- Sergienko V. (2015). Effectiveness of fungicides against potato diseases. *Agronomy today*. No. 12. P. 35-36. (In Ukrainian). [Online] Available at: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/572-efektyvnist-funhitsydiv-proty-khvorobkartopli.html>.
- Shvartau V.V., Zozulya O.L., Mikhalska L.M. Sanin O.Yu. (2016). *Fusarium* wilt of cultivated plants. Kyiv: Logos, 64 p. (In Ukrainian).
- Stefańczyk Emil, Sobkowiak Sylwester, Brylińska Marta, Jadwiga Śliwka. (2016). Diversity of *Fusarium* spp. associated with dry rot of potato tubers in Poland. *Eur J Plant Pathol*. № 145. P. 871 – 884. DOI 10.1007/s10658-016-0875-0.
- Taktaev B. A., Bondarchuk A. A., Podberezko I. M. (2020). Improvement of elements of phytopathogen control technology in potato agrocenoses in the conditions of Polissia of Ukraine. *Potato farming*. Issue 45. P. 103-118. (In Ukrainian).

- Taktaev B. A., Podberezko I. M. (2020). Development of diseases on potato varieties of different maturity groups against a natural infectious background in the Southern Polissia zone of Ukraine. Potato farming. Issue 45. P. 3-14. (In Ukrainian).
- Teslyuk P. S., Kutsenko V. S., Podgaetskyi A. A. (2017). Diseases and pests of potatoes, measures to combat them. Kyiv: Riji, 232 p. (In Ukrainian).
- Tribel S. O., Bondarchuk A. A. (editors). (2013). Methodology for assessing potato varieties for resistance against major pests and pathogens. Kyiv: Agrarna nauka, 2013. 264 p. (In Ukrainian).
- Vashchyshyn O. A. (2014). Diseases of potato tubers. Foothill and mountain agriculture and animal husbandry. Issue 56. Ch. I. P. 8-15. (In Ukrainian).
- Yatsukh K. I. (2023). Fungal diseases and measures to combat them. Agroforum Bulletin. No. 1-2 166-167. P.9-16. (In Ukrainian).
- Yeshchenko V.O., Kopytko P.G., Kostogryz P.V., Opryshko V.P. (2014). Fundamentals of scientific research in agronomy. Edited by. Prof. V. O. Yeshchenko. Vinnitsa. 332 p. (In Ukrainian).
- Youssuf A. Gherbawy, Mohamed A. Hussein, Eman G. A., Nabila A. Hassany, Saad A. Alamri. (2019) Identification of *Fusarium spp.* Associated with Potato Tubers in Upper Egypt by Morphological and Molecular Characters. *Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology*. Gherbawy et al; AJBGMB. №2 (3). 114 p. DOI: 10.9734/ajbgmb/2019/v2i330062
- Zaviryuha D., Lishchynska N. (2013). Study of source material for potato selection for a complex of valuable economic traits. Bulletin of Lviv NAU: agronomy. No. 17. P. 220–232. (In Ukrainian). [Online] Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2013_17%282%29_46.
- Zelya G. V., Oliynyk T. M., Zelya A. G. (2020). Biochemical characteristics of potato varieties resistant to diseases in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. Potato farming. Issue 45. P. 29-45. (In Ukrainian).
- Zhilinskaia N., Bazarnova J., Shleikin A. Peshuk L., Galenko O. (2016) Using of bioinformatics and computer morphometry in study of *Fusarium spp.* causing potato dry rot. Ukrainian food journal. Vol. 5, Issue 3. C. 515-522. [Online]: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UFJ_2016_5_3_10.

DEVELOPMENT OF DRY FUSARIOUS ROT ON POTATO VARIETIES ON THE NATURAL INFECTION BACKGROUND IN THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

¹Kateryna YATSUKH, candidate of biological sciences

¹Oksana VASHCHYSHYN, scientist

²Ivan TYMCHUK, candidate of agricultural sciences

¹Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS

²National University «Lviv Polytechnic»

The article presents the results of studies of the development of fusarium dry rot of 32 potato varieties of different ripeness groups against a natural infectious background. It was established that the development of this disease was influenced by the weather conditions of the growing season of potatoes and the characteristics of the studied varieties. In 2011-2015, tubers affected by dry fusarium rot in the group of early potato varieties ranged from 1.0% to 13.2%, in the group of medium-early potato varieties – from 1.1% to 10.0%, in the group of medium-ripening varieties potato varieties – from 1.0% to 6.2%, in the group of medium late potato varieties – from 1.2% to 4.7%. It was established that in the group of early potato varieties, Anosta (0.5%), Shchedryk (1.2%) and Agrarna (1.4%) varieties were relatively resistant to Fusarium dry rot in an average of five years; in the group of mid-early potato varieties – Mavka, Dara and Sante (2.3% each). In the group of medium-ripe potato varieties, tubers of the Typhoon variety were resistant to the causative agent of dry fusarium rot, relatively resistant to the Hirska variety (0.5%); in the group of mid-late varieties of potatoes, the tubers of the Olvia variety were resistant to the above-mentioned disease, while the Chervona ruta variety was relatively resistant. From the early ripeness group, the highest yields on average over five years of research were shown by Shchedryk (38.4 t/ha), Anosta (38.3 t/ha) and Lastivka (35.6 t/ha) potato varieties: in the medium-early group – potato varieties Svalyavska (35.9 t/ha), Obrii (35.6 t/ha), Mavka and Dara (35.4 t/ha each); in the medium-ripening group – potato varieties Taifun (42.6 t/ha), Hirska (38.1 t/ha), Volya (36.7 t/ha) and Slovianka (36.4 t/ha); in the middle-late group – the Olvia variety (41.8 t/ha).

Keywords: potato, fusarium dry rot, disease development, natural infectious background, productivity.

Отримано: 07.03.2023

Погоджено до друку: 13.03.2023

ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА АГРОФІЗИЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ ТА УРОЖАЙНІСТЬ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

Оксана КАЧМАР, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Ангеліна ДУБИЦЬКА, кандидат сільськогосподарських наук,

Марія ЩЕРБА, Ілона САВЕРИН, наукові співробітники

Оксана ТАРАВСЬКА, провідний фахівець

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна

e-mail:oksanaostrowska@ukr.net

У статті наведено результати експериментальних досліджень впливу органо-мінеральних систем удобрення на агрофізичні властивості сірого лісового ґрунту та урожайність просапних культур у короткоротаційних сівозмінах. Встановлено, що вищі значення польової та продуктивної вологи, нижчі величини щільності ґрунтового середовища протягом всієї вегетації забезпечуються за традиційної системи удобрення з внесенням $N_{120}P_{100}K_{100}$ під кукурудзу й $N_{90}P_{90}K_{90}$ під картоплю на фонах 40 т/га гною. Альтернативна система, що передбачає заміну традиційної органічної складової – гною – на комплексне поєднання зеленої маси післяжнивної сидеральної культури редьки олійної та побічної продукції попередника у сівозміні – пшениці озимої і цих же доз мінеральних добрив оптимізує вологозапаси та щільність ґрунтового середовища на нижчому рівні. Органо-мінеральна система удобрення забезпечує підвищення урожайності зерна кукурудзи в зерновій сівозміні у 1,6-1,8 разів; бульб картоплі: у плодозмінній – у 2,1-2,5, у зерно-просапній – 1,9-2,4 рази у порівнянні до неудобрених варіантів.

Ключові слова: картопля, кукурудза на зерно, побічна продукція, сидерати, польова вологість, запаси продуктивної вологи, щільність ґрунту, урожайність.

Вступ

Важливою умовою досягнення високого рівня урожайності сільськогосподарських культур та вагомий показник продуктивності сівозмін в цілому є забезпечення оптимальних значень агрофізичних показників родючості ґрунту протягом всього періоду вегетації рослин, які за даними вітчизняної (Єрмолаєв М.М. та ін., 2015; Літвінов Д.В., 2015; Шевченко І.А., 2016; Пліско І.В., Уваренко К.Ю., 2016; Дегодюк С.Е. та ін., 2020) та зарубіжної науки (Lipiec J. and Stepniewski W., 1995; Excavators S. and Calgary M., 2012; Kuht J. and ot., 2012; Gliniski J. and Lipiec J., 2018) безпосередньо впливають на ефективну родючість ґрунтів та урожайність сільськогосподарських культур. Особливої актуальності та ваги завдання оптимізації агрофізичних показників набуває в сучасних умовах змін клімату, за нерівномірного перерозподілу опадів, коли бездошові періоди припадають на час максимального водоспоживання культур та необхідності найвищого забезпечення елементами живлення. Нестача вологи може призвести не тільки до зниження процесів водоспоживання й задоволення фізіологічно необхідних для рослинного організму потреб у воді, але й зниження інтенсивності надходження елементів живлення.

Вологість ґрунту в значній мірі залежить від його щільності, яка є комплексним узагальнюючим показником його агрофізичних властивостей, від якого залежать фільтрація, утримання та збереження вологи в ґрунтовому профілі, газообмін з

атмосферою, активність та спрямованість біохімічних процесів, умови життєдіяльності рослин і мікроорганізмів (Moraru P. and Rusu T., 2012).

Тому вивчення напрямів управління агрофізичним станом ґрунтів є актуальним для забезпечення високого рівня продуктивності сільськогосподарських культур.

Метою досліджень, викладених у статті, є оцінювання комплексного впливу мінеральних, органічних (як традиційних, так і альтернативних) добрив на динаміку запасів продуктивної вологи, зміну щільності ґрунтового середовища. Практичне використання результатів досліджень сприятиме формуванню оптимальних умов життєдіяльності та продуктивності картоплі і кукурудзи на зерно як одних із стратегічних культур у сільськогосподарському виробництві.

Матеріали і методи

Дослідження проводили протягом 2016-2020 рр. в умовах двохфакторного стаціонарного дослідження, який має статус довготривалого і внесений до Реєстру стаціонарних дослідів України (номер атестата 053). Дослід закладено в 2001 році на сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті. Кількість досліджуваних факторів – 2 (ділянки першого порядку – системи короткоротаційних сівозмін, другого – системи удобрення).

У досліді вивчаються 9 польових різноротаційних сівозмін з різним насиченням зерновими культурами (н.з.к.) на варіантах застосування традиційних (поєднання мінеральних добрив і гною) та альтернативних (компонування мінеральних добрив, соломи, пожнивних сидератів) органо-мінеральних систем удобрення і без внесення добрив (контроль). Експериментальні дані, висвітлені у даній статті, отримано з трьох сівозмін досліді: 1) горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – овес (зернова, 100 % н.з.к.); 2) конюшина лучна – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий + конюшина лучна (плодозмінна, 50 % н.з.к.); 3) гречка – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий (зерно-просапна, 75 % н.з.к.). В традиційній системі удобрення на фоні гною (40 тон один раз за ротацію сівозміни під просапні культури) вносились мінеральні добрива в дозі: під пшеницю озиму $N_{60}P_{90}K_{90}$, ячмінь ярий – $N_{60}P_{60}K_{60}$, овес – $N_{40}P_{40}K_{40}$, гречку – $N_{60}P_{60}K_{60}$, горох – $N_{45}P_{45}K_{45}$, картоплю – $N_{90}P_{90}K_{90}$, кукурудзу – $N_{120}P_{100}K_{100}$. В альтернативній системі при половинних дозах мінеральних добрив на фоні заорювання всієї побічної продукції (п. п.) вирощуваних культур один раз за ротацію висівали редьку олійну на сидерат в післяжнивних посівах (під ті ж культури, де в традиційній системі вносили гній, при цьому вносились повні дози мінерального живлення). Повторність варіантів триразова, розташування послідовне. Загальна площа ділянки за сівозмінним фактором становила 864 м² (72 x 12 м), за удобренням: загальна 96 м² (12 x 8 м), облікова 60 м² (10 x 6 м). Вхідження культур у сівозмінну здійснювалось одночасно всіма полями.

Дослідження впливу систем удобрення на зміну агрофізичних показників родючості ґрунту проводили під картоплею сорту Оксамит, кукурудзою сорту Закарпатська зубовидна.

Ґрунт дослідних ділянок – сірий лісовий поверхнево оглеєний крупнопилувато-легкосуглинковий з такими агрохімічними властивостями (до закладки досліді): вміст гумусу 1,67-1,71 %, сума увібраних основ 4,4-5,0 мг-екв·кг⁻¹ ґрунту, легкогідролізного азоту 9,2-9,9,



рухомого фосфору та обмінного калію відповідно (методом Кірсанова за ДСТУ 4405: 2005) 10,8-11,13 і 9,3-9,5 мг·кг⁻¹ ґрунту. Реакція ґрунтового розчину рН_{KCl} 4,70-4,84, гідролітична кислотність 2,26 мг-екв·кг⁻¹ ґрунту.

Відбір зразків ґрунту дослідних варіантів та їх підготовку до лабораторно-аналітичних робіт здійснювали згідно з ДСТУ 4287:2004 (Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004) і ДСТУ ISO 11464-2001 (Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків: ДСТУ ISO 11464-2001) у динаміці з шарів 0-20 і 20-40 см. В отриманих зразках ґрунту визначали: вологість ґрунту термостатно-ваговим методом згідно ДСТУ ISO 11465:2001 (Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод: ДСТУ ISO 11465-2001); щільність будови ґрунту за ДСТУ ISO 11508: 2005 (Якість ґрунту. Визначання щільності частинок: ДСТУ ISO 11508:2005); запаси продуктивної вологи встановлювались розрахунковим методом.



Величини перелічених показників визначали з орного (0-20 см) і підорного (20-40 см) шарів протягом п'яти років (2016-2020 рр.) в 3-х повтореннях і у 2-х аналітичних паралелях (загалом за кожним з пластів, $n = 30$).

В процесі проведення досліджень використовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень. За допомогою польового експерименту було отримано дані урожайності просапних культур, мінливості водно-фізичних показників під впливом агротехнологічних факторів; лабораторно-аналітичним – встановлено кількісні характеристики перерозподілу досліджуваних чинників у ґрунтовому середовищі; розрахунково-порівняльним – обґрунтовано величину змін досліджуваних показників, математично-статистичним – математично-достовірну різницю у продуктивності картоплі та кукурудзи за варіантами удобрення.

Результати та обговорення.

В комплексі домінантних за впливом на процеси росту, розвитку та біопродукування сільськогосподарських культур характеристик родючості ґрунту важливий сегмент займають водно-фізичні показники (Дегодюк С. Е. та ін., 2020).

Формування вологозапасів у сівозмінних є динамічним показником, воно залежить від складу і співвідношення культур, фаз розвитку рослин, рівня мінерального живлення, загальної кількості атмосферних опадів та їх розподілу впродовж

вегетації, температурного режиму (Moraru P. and Rusu T., 2012). Антропогенними факторами управління процесами волого накопичення виступають системи удобрення (Єрмолаєв М. М., та ін., 2015; Літвінов Д.В., 2015; Чередниченко І. В., 2015).

Спостереженнями за динамікою польової та запасами продуктивної вологи в ґрунті впродовж 2016-2020 рр. під посівами кукурудзи показали, що ці показники змінювались за фазами вегетації культури і в значній мірі залежали від систем удобрення (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст польової (%) та запаси продуктивної вологи (мм) в ґрунті впродовж вегетації рослин кукурудзи

Вид сівозміни, варіант удобрення	Шар грунту, см	Період визначення							
		сходи		5-6 листків		викидання волоті		повна стиглість	
		%	мм	%	мм	%	мм	%	мм
зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)									
контроль	0-20	18,3	32,9	16,8	31,5	13,2	24,5	16,8	35,6
	20-40	20,0	40,6	19,4	39,0	15,0	31,0	16,2	34,4
гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	0-20	19,8	35,3	18,7	33,8	15,0	32,2	18,7	37,8
	20-40	21,2	42,5	20,7	42,0	17,1	33,4	17,8	36,3
сидерат + N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ + п. п. + N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀	0-20	19,0	33,7	17,6	32,8	14,3	30,0	17,6	36,7
	20-40	20,6	41,2	20,0	40,8	16,2	32,2	17,0	35,1

Вищі значення польової та продуктивної вологи протягом всього періоду спостережень забезпечувала традиційна система удобрення з комплексним внесенням безпосередньо під культуру 40 т/га гною та N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ мінерального живлення. Зокрема, у фазі сходів кукурудзи у 0-20 см (орний пласт) ґрунтового середовища вологість була на рівні 19,8 % польової та 35,3 мм продуктивної, у 20-40 см – відповідно 21,2 % та 42,5 мм. У першій половині вегетації кукурудза менш вимоглива до вологи, найбільша потреба припадає на час, коли рослини мають більше 5-6 листків і відбувається інтенсивний ріст стебла та нагромаджуються сухі речовини. За цей період, у результаті інтенсивного росту та розвитку рослинного організму, використовується від 40 до 70 % від загальної кількості необхідної для всієї тривалості життя води. У наших дослідженнях в активні фази росту та водоспоживання культури (5-6 листків та викидання волоті) варіабельність значень цих ґрунтових характеристик складала 18,7-15,0 % й 33,8-32,2 мм у верхньому та 20,7-17,1 % й 42,0-33,4 мм у нижньому з досліджуваних шарів. Ця закономірність щодо впливу удобрення на показники вологості ґрунту зберігалась до часу закінчення вегетації культури й у фазі повної стиглості варіювала за товщиною ґрунту 18,7-17,8 % й 37,8-36,3 мм.

За альтернативної системи удобрення зі застосуванням під кукурудзу цього ж рівня

мінерального живлення рослин з роздільним внесенням половинної дози під сидерат та N₆₀P₅₀K₅₀ при основному внесенні, заорюванні побічної продукції (соломи) зернового попередника в сівозміні – пшениці озимої – та зеленої маси редьки олійної волого запаси ґрунту, а, відтак, і вологозабезпеченість культури була нижчою і складала за досліджуваними горизонтами: на час сходів 19,0-20,6 % й 33,7-41,2 мм, у фазах активного волого споживання 17,6-20,0 та 14,3-16,2 % й 32,8-40,8 та 30,0-32,2 мм, за повної стиглості відповідно 17,6-17,0 % й 36,7-35,1 мм.

Дослідження процесів перерозподілу вологи під картоплю проводили у двох сівозмінах – плодозмінній та зерно-просапній (табл. 2). І хоча попередником культури в обох випадках була пшениця озима, вищі значення польової і продуктивної вологи спостерігали у плодозмінній сівозміні. Це пояснюється оптимізованим співвідношенням культур різних біологічних груп, включенням до складу багаторічних бобових трав конюшини лучної, побічна продукція якої забезпечила вищий рівень накопичення органічних речовин, оструктурення ґрунтового середовища та підвищення його спроможності до накопичення вологи. На час сходів картоплі в орному шарі плодозмінної сівозміни спостерігали 17,8-19,4 % польової та 31,7-34,2 мм продуктивної вологи; зерно-просапної – відповідно 17,1-18,8 % та 30,7-32,6 мм.

Таблиця 2. Вміст польової (%) та запас продуктивної вологи (мм) в ґрунті впродовж вегетації картоплі

Вид сівозміни, варіант удобрення	Шар грунту, мм	Період визначення					
		сходи		бутонізація		повна стиглість	
		%	мм	%	мм	%	мм
плодозмінна, попередник пшениця озима (50 % н. з. к.)							
контроль	0–20	17,8	31,7	15,4	28,4	14,0	27,4
	20–40	19,3	37,2	17,4	33,5	15,4	30,8
гній, 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0–20	19,4	34,2	17,2	30,3	16,0	30,7
	20–40	20,7	39,0	19,1	35,7	17,6	33,8
сидерат + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п.п. + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	18,6	33,0	16,3	29,3	14,8	29,5
	20–40	20,0	38,1	18,4	34,6	16,7	32,4
зерно-просапна, попередник пшениця озима (75 % н. з. к.)							
контроль	0–20	17,1	30,7	14,8	26,8	13,4	26,5
	20–40	18,7	36,1	16,6	32,6	14,7	29,5
гній, 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0–20	18,8	32,6	16,3	28,5	15,1	29,7
	20–40	20,0	38,5	18,3	34,7	16,7	32,5
сидерат + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п.п. + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	18,0	31,5	15,5	27,9	14,2	28,6
	20–40	19,4	37,3	17,5	33,6	15,6	31,1

Серед досліджуваних варіантів удобрення в обох сівозмінах вищі значення вологозапасів забезпечувались за традиційної системи. У фазі сходів культури за внесення 40 т/га гною в поєднанні з N₉₀P₉₀K₉₀ за досліджуваними пластами ґрунту спостерігали 19,4–20,7 % польової й 34,2–39,0 мм продуктивної вологи у плодозмінній сівозміні та 18,8–20,0 % й 32,6–38,5 мм у зерно-просапній. Комплексне застосування цього ж рівня мінерального живлення рослин, зеленої маси редьки олійної та соломи пшениці озимої сприяло накопиченню у цій же фазі розвитку рослин 18,6–20,0 % й 33,0–38,1 мм (плодозмінна сівозміна) і 18,0–19,4 % й 31,5–37,3 мм (зерно-просапна сівозміна) відповідно польової та продуктивної вологи. Такі ж закономірності у режимах зволоження на досліджуваних варіантах удобрення спостерігались у всіх подальших фазах вегетації культури.

Важливим фактором спроможності ґрунту накопичувати вологу є його щільність. Одночасно цей показник є інтегральним чинником агрофізичного стану ґрунтового середовища,

визначає інтенсивність аерації, розвиток кореневої системи, а, відтак, доступність поживних речовин (McKenzie R. H., 2010; Тимошенко Г. З. та ін., 2016; Уваренко К. Ю., 2020). Результати досліджень свідчать, що щільність ґрунту надзвичайно динамічна у часі (Малієнко А. М., 2014). Вона змінюється під впливом погодно-кліматичних умов, заходів, глибини і строків обробітку ґрунту, строків збирання культури, сівозміни, удобрення. Для більшості сільськогосподарських культур оптимальна щільність ґрунту – у межах 1,10–1,30 г/см³.

Вивчення щільності під просапними культурами в короткоротаційних сівозмінах залежно від систем удобрення проводили до 30 см з аналізуванням значень показника кожні 10 см ґрунтового профілю.

Встановлено, що органо-мінеральні системи удобрення з внесенням безпосередньо під кукурудзу як органічної, так і мінеральної складової забезпечували менші величини щільності ґрунту (табл. 3).

Таблиця 3. Щільність будови сірого лісового ґрунту впродовж вегетації рослин кукурудзи, г/см³.

Вид сівозміни, варіант удобрення	Шар грунту, см	Період визначення			
		сходи	5-6 листіків	викидання волоті	повна стиглість
зернова, попередник пшениця озима (100% н. з. к.)					
контроль	0–10	1,16	1,21	1,27	1,35
	10–20	1,23	1,25	1,31	1,39
	20–30	1,30	1,34	1,36	1,42
гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	0–10	1,11	1,15	1,23	1,31
	10–20	1,16	1,20	1,27	1,36
	20–30	1,27	1,30	1,33	1,39
сидерат + N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ + п. п. + N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀	0–10	1,13	1,17	1,25	1,33
	10–20	1,18	1,22	1,29	1,37
	20–30	1,29	1,32	1,34	1,40

Так, застосування $N_{120}P_{100}K_{100}$ в комплексі з 40 т/га гною та цього ж рівня мінеральних добрив по фону зеленої маси сидерату й соломи пшениці озимої сприяли формуванню на час сходів культури щільності 0-10 см шару на рівні 1,11-1,13 г/см³, 10-20 см – 1,16-1,18 г/см³, 20-30 см – 1,27-1,29 г/см³, на неудобрених варіантах за досліджуваними пластами цей показник був вищим і складав 1,16, 1,23 й 1,30 г/см³.

З проходженням наступних фаз розвитку культури щільність закономірно підвищувалась за всіма ґрунтовими шарами як під впливом опадів, так

і внаслідок природних процесів самоущільнення і в кінці вегетації культури у повній стиглості сягала рівня 1,31–1,35 г/см³ (0–10 см), 1,36–1,39 г/см³ (10–20 см) і 1,39–1,42 г/см³ (20–30) відповідно.

Моніторинг динаміки щільності ґрунту під посівами (посадками) картоплі вивчали у двох досліджуваних сівоzmінах. Результати за аналогічними варіантами удобрення були близькими за своїми значеннями, тому у таблиці 4 подано усереднені дані за двома сівоzmінами.

Таблиця 4. Щільність будови сірого лісового ґрунту впродовж вегетації рослин картоплі, г/см³.

Вид сівозміни, варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Період визначення		
		сходи	бутонізація	повна стиглість
плодозмінна, попередник пшениця озима (50 % н. з. к.)				
контроль	0–10	1,17	1,25	1,36
	10–20	1,21	1,24	1,39
	20–30	1,28	1,33	1,41
гній, 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0–10	1,11	1,16	1,33
	10–20	1,15	1,20	1,36
	20–30	1,24	1,28	1,39
сидерат + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п.п. + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–10	1,14	1,19	1,34
	10–20	1,17	1,22	1,37
	20–30	1,26	1,31	1,40

Встановлено, що найменша щільність ґрунту забезпечувалась за традиційної системи удобрення з внесенням безпосередньо під картоплю 40 т/га й $N_{90}P_{90}K_{90}$ і за товщиною ґрунту 0-30 см на час сходів змінювалась в межах 1,11-1,24 г/см³ (табл. 4). Комплексне застосування цього ж рівня мінеральних добрив, побічної продукції пшениці озимої та зеленої маси післяжнивної зеленої маси редьки олійної в альтернативній системі удобрення сприяло ущільненню ґрунтового середовища на рівні 1,14-1,26 г/см³. На неудобрених варіантах цей показник був найвищим і складав 1,17-1,28 г/см³.

До кінця вегетації щільність ґрунту зростала, однак закономірності між варіантами удобрення зберігались.

Органо-мінеральні системи удобрення, забезпечуючи оптимізацію агрофізичних показників родючості ґрунту, сприяли формуванню високого рівня урожайності просапних культур.

На варіантах з комплексним внесенням 40 т/га гною та $N_{120}P_{100}K_{100}$ мінеральних добрив під кукурудзу у традиційній системі удобрення отримано 6,87 т/га зерна культури (табл. 5).

Таблиця 5. Урожайність зерна кукурудзи

Вид сівоzmіни, варіант удобрення	Урожайність, т/га
зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)	
контроль	3,85
гній, 40 т/га + $N_{120}P_{100}K_{100}$	6,87
сидерат + $N_{60}P_{50}K_{50}$ + п.п. + $N_{60}P_{50}K_{50}$	6,10

HIP_{05} , т/га 0,15

За поєднання цього ж рівня мінерального живлення рослин, зеленої маси післяжнивної редьки олійної, висіяної по фонах побічної продукції попередника кукурудзи в сівоzmіні – пшениці озимої – в альтернативній системі удобрення отримано 6,10 т/га зерна. Урожайність на неудобрених фонах була низькою і складала 3,85 т/га.

На варіантах традиційної системи удобрення з компонуванням $N_{90}P_{90}K_{90}$ і 40 т/га гною отримано

найвищу врожайність бульб картоплі. За досліджуваними сівоzmінами вона знаходилась на рівні 21,5-22,8 т/га. Заміна традиційної органічної складової – гною на комплекс побічна продукція попередника + зелена маса сидерату на цих же мінеральних фонах сприяли отриманню 17,2-19,6 т/га бульб картоплі. Рівень врожайності неудобрених, контрольних варіантів складав 8,90-9,16 т/га (табл. 6).

Таблиця 6. Урожайність бульб картоплі

Вид сівозміни, варіант удобрення	Урожайність, т/га
плодозмінна, попередник пшениця озима (50 % н. з. к.)	
контроль	9,16
гній, 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	22,8
сидерат + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п.п. + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	19,6
зерно-просапна, попередник пшениця озима (75 % н. з. к.)	
контроль	8,90
гній, 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	21,5
сидерат + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п.п. + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	17,2

НІР₀₅, т/га попередники.....0,80
удобрєння..... 1,14
взаємодія попередники + удобрєння..... 1,94

Порівняння урожайності картоплі за сівозмінами показало, що між неудообрєними варіантами математично достовірної різниці у значеннях цього показника не спостерігалось. За внесення органо-

мінеральних систем удобрення (як традиційної, так і альтернативної) вища математично підтверджена врожайність була у плодозмінній сівозміні.

Висновки

Традиційна система удобрення з комплексним внесенням під кукурудзу 40 т/га гною та N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ мінерального живлення забезпечує вищі показники польової та продуктивної вологи протягом всієї вегетації культури. Зокрема, в середньому за п'ятирічний цикл досліджень, на час сходів у шарі 0-20 см польова вологість була оптимізована до рівня 19,8 %, продуктивна – 35,3 мм, у 20-40 см – відповідно 21,2 % та 42,5 мм.

Альтернативна системи удобрення зі застосуванням під кукурудзу цього ж рівня мінерального живлення рослин, заорювання побічної продукції пшениці озимої та зеленої маси редьки олійної сприяє накопиченню за досліджуваними пластами 19,0 й 20,6 % польової та 33,7 й 41,2 мм продуктивної вологи.

Нижчу щільність ґрунтового середовища під просапними культурами забезпечують як традиційна, так і альтернативна системи удобрення у порівнянні до неудообрєних ділянок.

На варіантах з комплексним внесенням N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ під кукурудзу й N₉₀P₉₀K₉₀ під картоплю на фонах 40 т/га гною формується вищий рівень урожайності культур (6,87 т/га зерна кукурудзи й 21,5-22,8 т/га бульб картоплі, що в 1,8 та 2,4-2,5 рази більше контролів без добрив).



Список використаної літератури

Cherednychenko I.V. (2015) Agrophysical indicators of typical chernozem under different fertilization systems. Bulletin of the Uman National University of Horticulture. No. 1. P. 113-117. (In Ukrainian).
 Degodyuk S.E., Degodyuk E.G., Litvinova O.A., Bodnar Yu.D., Buslaeva N.G. (2020) Changes in agrophysical parameters of gray forest soil with long-term application of organic and mineral fertilizers. Herald of Agrarian Science. No. 1. P. 19-24 (In Ukrainian).
<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-03>
 Excavators S., Calgary M. (2012) Influence of compaction on physical and micromorphological properties of forest soils. American Journal of Plant Sciences. Vol. 3. No 1. c. 159–163. doi: 10.4236 / ajps.2012.31018.

Glinski J., Lipiec J. (2018) Soil Physical Conditions and Plant Roots. CRC Press. 260 p.
<https://doi.org/10.1201/9781351076708>
 Kuht J., Reintam E., Edesi L., Nugis E. (2012). Influence of subsoil compaction on soil physical properties and on growing conditions of barley. Agronomy Research. Vol. 10 (1-2). P. 329-334.
<https://agronomy.emu.ee/vol101/p10106.pdf>
 Lipiec J., Stepniewski W. (1995). Effect of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. Soil and Tillage Res. V. 35. P. 37–52.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NL9600297>
 Litvinov D. V. (2015) Formation of the water regime of the soil in the system of short-rotational crop rotations. Herald of Agrarian Science. No. 11. – pp. 13–18. (In Ukrainian).
https://agrovisnyk.com/archive_ua_2015_11_03.html

- Malienko A.M. (2014) Density of sod-podzolic sandy soil in field crop rotation depending on tillage methods. *Agriculture*. Vol. 1-2. P. 3-9.
- McKenzie R.H. (2010) Agricultural soil compaction: causes and management. *Agri-Facts*. P. 1-10 https://www.researchgate.net/institution/Navsari_Agricultural_University
- Moraru P., Rusu T. (2012) Effect of tillage systems on soil moisture, soil temperature, soil respiration and production wheat, maize and soybean crops *J. of Food, Agric. & Environment*. Vol.10, P. 445-448. <https://zenodo.org/record/1088702/files/17262.pdf>
- Plisko I.V., Uvarenko K.Yu. (2016) Influence of agrophysical parameters of black soil on the effectiveness of nitrogen fertilizers in the cultivation of spring barley. *Bulletin of the Center for APV of the Kharkiv region*. Issue 20. P. 220-230 https://agromage.com/stat_id.php?id=870
- Shevchenko I.A. (2016) Management of the agrophysical state of the soil environment. K.: "Vinichenko" Publishing House. 320 p. (In Ukrainian). ISBN 978-966-2622-22-5, 2016.
- Soil quality. Determination of dry matter and moisture by mass. Gravimetric method: DSTU ISO 11465-2001. - [Effective from 2003-01-01]. Kyiv: State Standard of Ukraine. 2002. - 13 p. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55865
- Soil quality. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of the National Center of IGA: DSTU 4405: 2005. - [Valid from 2005-05-30]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine. 2006. - 18 p. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62747
- Soil quality. Determination of particle density: DSTU ISO 11508:2005. - [Valid from 2008-01-01]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine. 2005. - 8 p. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52442
- Soil quality. Preliminary processing of samples: DSTU ISO 11464-2001. - [Effective from 2002-04-02]. - K.: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2003. - 19 p. - (National Standards of Ukraine). http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52911
- Soil quality. Sampling: DSTU 4287:2004. - [Effective from 2005-07-01]. - K.: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2005. - 9 p. - (National Standards of Ukraine). <https://environmentallab.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/dstu-4287-2004-yakist-gruntu.-vidbirannya-prob.pdf>
- Tymoshenko G.Z., Kovalenko A.M., Novokhizhnyi M.V., Shepel A.V. (2016) The effect of soil compaction density on the yield of agricultural crops under different tillage systems in short-rotational crop rotations. *Irrigated agriculture*. Vol. 66. P. 82-85. (In Ukrainian). <http://izpr.ks.ua/archive/2016/66/23.pdf>
- Uvarenko K.Yu. (2020) Effects of soil compaction and fertilization on nutrient utilization and performance of spring barley. *Herald of Agrarian Science*. No. 1. P.76-81. (In Ukrainian). <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-11> <https://visnyk-unaus.udau.edu.ua/assets/files/articles/Buleten2015/Buleten12015/28.pdf>
- Yermolaev M.M., Shilina L.I., Litvinov D.V. (2015) Patterns of water regime formation in crop rotations on the chernozems of the Livoberezhny Forest Steppe. *Herald of Agrarian Science*. No. 6. P. 13-17. (In Ukrainian). https://agrovisnyk.com/archive_ua_2015_11_03.html

THE INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS ON THE AGROPHYSICAL CONDITION OF THE SOIL AND THE YIELD OF FLOOR CROPS IN SHORT ROTATION CROP ROTATIONS

Oksana KACHMAR, candidate of agricultural sciences, senior researcher

Angelina DUBYTSKA candidate of agricultural sciences,

Maria Shcherba, Ilona Saveryn, scientists

Oksana TARAUSKA, leading specialist

The article presents the results of experimental studies of the influence of organo-mineral fertilization systems on the agrophysical properties of gray forest soil and the productivity of row crops in short-rotational crop rotations. It was established that higher values of field and productive moisture, lower values of the density of the soil environment during the entire growing season are ensured by the traditional fertilization system with the introduction of $N_{120}P_{100}K_{100}$ for corn and $N_{90}P_{90}K_{90}$ for potatoes against the background of 40 t/ha of manure. An alternative system that involves the replacement of the traditional organic component – manure – with a complex combination of the green mass of the post-harvest sideral culture of oil radish and by-products of the predecessor in the crop rotation – winter wheat and the same doses of mineral fertilizers optimizes moisture reserves and the density of the soil environment at a lower level. Organo-mineral fertilization systems ensure an increase in the yield of corn grain in a grain crop rotation by 1.6-1.8 times, potato tubers: in a crop rotation – by 2.1-2.5 times, in a grain-row crop rotation – by 1.9-2.4 times compared to unfertilized options.

Keywords: potatoes, corn for grain, fertilizer complexes, field moisture, reserves of productive moisture, soil density, productivity.

Отримано: 22.02.2023

Погоджено до друку: 09.03.2023

Наукова діяльність

ТВАРИННИЦТВО

© Й. Ф. Рівіс, В. О. Постоєнко, О. Ф. Стасів, О. І. Стадницька, І. І. Саранчук, О. Я. Клим, О. Б. Дяченко,
В. Д. Федак, О. О. Гопаненко, 2023
УДК 574.23: 591.5:577.115:638

DOI: 10.32636/agroscience.2023-(2)-1-3

**ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І РІЗНИХ ФОРМ ЖИРНИХ КИСЛОТ
У ТКАНИНАХ ЧЕРЕВЦЯ ТА МЕДОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ БДЖІЛ
ЗАЛЕЖНО ВІД ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ**

Йосип РІВІС¹, Володимир ПОСТОЄНКО², Олег СТАСІВ¹, доктори сільськогосподарських наук
Ольга СТАДНИЦЬКА¹, Іван САРАНЧУК³, Олег КЛИМ¹, Олександр ДЯЧЕНКО¹, Василь ФЕДАК¹, кандидати
сільськогосподарських наук, Ольга ГОПАНЕНКО⁴, кандидат біологічних наук

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна

²ННЦ “Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича”,

вул. Заболотного, 19, м. Київ, 03680, Україна

³Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція,

вул. Миколи Кузнецова, 21-а, м. Чернівці, 58026, Україна

⁴ВНКЗ ЛОР “Львівська медична академія імені Андрея Крупинського”

вул. П. Дорошенка, 70, м. Львів, 79000, Україна

e-mail: rivisjf@gmail.com

У статті показано, що піддослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи карпатська, були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської, передгірної та лісостепової зон Львівської області. Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться піддослідні пасіки бджіл, визначався вміст важких металів, у тому числі токсичних, в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та тканинах черевця медоносних бджіл. Зафіксовано, що в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з гірською зоною, на початку літнього періоду є більший сумарний вміст досліджуваних важких металів. При цьому в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, є вищий рівень небезпечних елементів першого класу токсичності – Плюмбуму та Кадмію. Також помітно є більша концентрація елемента другого класу токсичності – Хрому. Тканини черевця медоносних бджіл гірської зони в кінці літнього періоду порівняно до його початку накопичують в собі невелику сумарну кількість важких металів, тоді як тканини медоносних бджіл передгірної зони більшу кількість, а тканини бджіл лісостепової зони – найбільшу. У напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону в тканинах черевця медоносних бджіл спостерігається зменшення вмісту естерифікованих і неестерифікованих форм жирних кислот, але збільшення – аніонних. Рівень нагромадження естерифікованих, неестерифікованих і аніонних форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, які утримуються у вуликах, розміщених у гірській зоні Карпатського регіону, порівняно з тканинами бджіл, які утримуються на пасіках, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах, впродовж літнього періоду є вищим. Медова продуктивність робочих бджіл на одну бджолосім’ю за сезон в передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською, є меншою. Біоіндикатором екологічного стану довкілля за вмістом важких металів і різних форм жирних кислот можуть служити тканини черевця медоносних бджіл.

Ключові слова: природні зони Карпатського регіону, важкі метали, жирні кислоти, тканини черевця та медова продуктивність бджіл, біоіндикатор.

Вступ.

Джерела емісії важких металів і шляхи їх надходження в навколишнє середовище відрізняються різноманітністю, але загалом вони мають техногенне походження як наслідок урбанізації та індустріалізації. Урбанізація та індустріалізація, зокрема діяльність промисловості, сільського господарства, енергетики й транспорту, а також інтенсивне видобування корисних копалин – все це призвело до надходження у повітря, воду, ґрунт і рослини важких, у тому числі високотоксичних – Плюмбуму, Кадмію й Арсену (Ковка Н. О., Недашківський В. М., 2019; Тихонова О. М. і ін., 2020).

Міграція важких металів в об’єктах зовнішнього середовища спричинила нагромадження їх у ґрунтах і рослинах (Крайнюков О. та ін., 2020; Тихонова О. М. і ін., 2020). Як наслідок, одні види рослин поступилися місцем іншим і змінилися строки їх цвітіння, та тим самим умови медозбору бджолами (Ковка Н. О., Недашківський В. М., 2019; Кривий М. М. і ін., 2018; Крайнюков О. та ін., 2020; Кобиш А. І. та ін., 2021; Al-Kahtani S. N. et al., 2021). Вищезгадуване призвело також до накопичення важких металів у тканинах медоносних бджіл і продуктах бджільництва (Didaras N. A. et al., 2020; Al-Kahtani S. N. et al., 2021, Mărgăoan R. et al., 2021, Ricigliano V. A. et al., 2021).



Як відомо, важкі метали, в тому числі токсичні, причетні до процесів синтезу, десатурації, пероксидного окиснення довголанцюгових жирних кислот у рослинних і тваринних тканинах й рідинах. У результаті цього змінюється забезпеченість тканин рослин, зокрема пилку, і бджіл енергетичним, структурним, біологічно активним і антимікробним матеріалом (Di N. et al., 2020; Hsu P.-S. et al., 2021; Desbois A. P., Smith V. J., 2022). Все це відбивається на продуктивності бджолиних сімей та якісних показниках їх продукції (Matin G. et al., 2016; Gizaw G. et al., 2020; Monchanin C. et al., 2021).

Тому актуальним є питання виробництва екологічно безпечних продуктів бджільництва. Тим більше, що продукція медоносних бджіл займає чільне місце в життєдіяльності людини (Matin G. et al., 2016; Didaras N. A. et al., 2020; Costa A. et al., 2021; Ricigliano V. A. et al., 2021; El-Seedi H. R. et al., 2022). До якісних показників продукції медоносних бджіл ставляться дуже високі вимоги, оскільки на даний час Україна стала основним експортером медів в Європу.

У літературі є тільки фрагментарні дані щодо вмісту важких металів і різних форм жирних кислот у бджолиному обніжжі та тканинах медоносних бджіл, які утримуються в різних природних зонах Карпатського регіону (Клим О., Стадницька О., 2019).

З огляду на наведене вище значний науково-практичний інтерес становлять дослідження вмісту важких металів, у тому числі токсичних, і різних форм жирних кислот у тканинах та медовій продуктивності робочих бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону.

З огляду на наведене вище метою роботи було зафіксувати сезонне накопичення важких металів, у тому числі токсичних, і естерифікованої, неестерифікованої й аніонної форм жирних кислот у тканинах черевця та медову продуктивність бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону.

Матеріали і методи.

Піддослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи карпатська (*Apis mellifera* (L.) *carpatica*), були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської (сmt. Славсько, Стрийського району), передгірної (с. Нижня



Стинава, Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів, Львівського району) зон Львівської області, де різні природно-кліматичні умови й екологічна ситуація.

Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться піддослідні пасіки медоносних бджіл, визначався вміст важких металів (Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Кобальту, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію) в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та тканинах черевця медоносних бджіл.

У кожній із наведених вище природних зонах Карпатського регіону на 3 пасіках і на кожній на 5 вуликах досліджувалася медова продуктивність робочих бджіл (Ковальський Ю. В., Кирилів Я. І., 2011). Зокрема медова продуктивність бджіл досліджувалась на початку червня, в середині липня та в середині серпня шляхом відкачування медових рамок. Ці дослідження проводились в розрахунку на одну бджолосім'ю середньої сили та однакової за віком матки. Крім того, на кожній пасіці із 3 вуликів на початку літнього періоду для лабораторних досліджень відбирались зразки бджолиного обніжжя та в радіусі корисного льоту медоносних бджіл – зразки орного шару ґрунту. Одночасно з наведених вище вуликів на початку та в кінці літнього періоду для лабораторних досліджень відбирались зразки медоносних бджіл.

У відібраних зразках орного шару ґрунту, бджолиного обніжжя та тканинах черевця медоносних бджіл визначався вміст важких металів, у тому числі токсичних, а в згадуваних зразках тканин медоносних бджіл – естерифікованої, неестерифікованої й аніонної форм жирних кислот.

Вміст важких металів (Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію) у відібраних зразках орного шару ґрунту, бджолиного обніжжя та тканин черевця медоносних бджіл визначався за чинним на даний час державним стандартом (ДСТУ 4405:2005) на атомно-абсорбційному спектрофотометрі Селмі-115 (Влізло В. В. і ін., 2012). Вміст естерифікованої, неестерифікованої й аніонної форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл визначався методом газорідинної хроматографії (Рівіс Й. і ін., 2022).

Отриманий цифровий матеріал опрацьовано методом варіаційної статистики з використанням критерію Стюдента (Ібатуллин І. І., Жукорський О. М., 2017). Вираховувались середні арифметичні величини ($\bar{M}$) та похибки середніх арифметичних ($\pm m$). Різниці вважались вірогідними за $p < 0,05$. Для розрахунків використана комп'ютерна програма Origin 6.0, Microsoft Excel.

Результати досліджень та обговорення.

Встановлено, що в орному шарі ґрунту передгірної та лісостепової зон Карпатського регіону, порівняно з умовно чистою гірською зоною, є вірогідно більший вміст досліджуваних важких металів (табл. 1). При цьому в орному шарі ґрунті

лісостепової зони Карпатського регіону міститься найвищий рівень досліджуваних важких металів. Вміст особливо небезпечних елементів першого класу токсичності – Плюмбуму і Кадмію – в орному

шарі ґрунту в наведеній вище зоні є відповідно в 1,13 і 1,07 рази більшим за гранично допустиму концентрацію (Яцук І. П., Балюк С. А., 2019).

Таблиця 1. Валовий вміст важких металів, у тому числі токсичних, в орному шарі ґрунту в різних природних зонах Карпатського регіону, середні дані за літній період, $г \cdot 10^{-3}/кг$ повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	13891,33 $\pm$ 460,500	15331,37 $\pm$ 353,035*	16775,00 $\pm$ 317,840*
Цинк, Zn	50,43 $\pm$ 3,198	76,73 $\pm$ 1,334*	97,23 $\pm$ 3,759*
Купрум, Cu	20,76 $\pm$ 0,149	37,30 $\pm$ 1,625*	46,93 $\pm$ 0,851**
Кобальт, Co	11,20 $\pm$ 0,196	14,96 $\pm$ 0,425*	17,40 $\pm$ 0,608**
Хром, Cr	36,70 $\pm$ 3,100	66,52 $\pm$ 1,778*	93,89 $\pm$ 2,466**
Нікол, Ni	19,93 $\pm$ 1,451	44,67 $\pm$ 1,835*	62,59 $\pm$ 1,734**
Плюмбум, Pb	19,03 $\pm$ 0,549	26,48 $\pm$ 0,838*	34,03 $\pm$ 1,890*
Кадмій, Cd	1,90 $\pm$ 0,050	2,83 $\pm$ 0,033**	3,21 $\pm$ 0,129*

Примітка. Тут і далі різниці вірогідні порівняно з гірською зоною:

* – $p < 0,05$ –0,02; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Вважається, що зростання вмісту Плюмбуму в орному шарі ґрунту пов'язано з інтенсивним рухом автотранспорту (Loretta Y. et al., 2015), а Кадмію – з внесенням меліорантів і мінеральних добрив, насамперед відповідно фосфогіпсу та суперфосфату (Разанов С. Ф. і ін., 2015; Вожегова Р. А. та ін., 2021). Видно, наявні в фосфогіпсі та суперфосфаті залишки фосфорної кислоти є сильним зв'язуючим елементом і носієм для Кадмію.

Отримані дані характеризують рівень техногенного забруднення довкілля на підслідних територіях. Високий рівень важких металів, у тому числі токсичних у ґрунтах є причиною збільшення їх концентрації в бджолиному обніжжі (пилку рослин), отриманого в передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону (табл. 2). Все це є наслідком більшої урбанізації та індустріалізації наведених вище територій.

Таблиця 2. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, у бджолиному обніжжі в різних природних зонах Карпатського регіону, середні дані за літній період, $г \cdot 10^{-3}/кг$ повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	32,63 $\pm$ 0,098	38,36 $\pm$ 0,606*	47,46 $\pm$ 0,982**
Цинк, Zn	32,36 $\pm$ 0,501	40,76 $\pm$ 0,808*	47,67 $\pm$ 2,201*
Купрум, Cu	1,90 $\pm$ 0,049	3,23 $\pm$ 0,121*	4,60 $\pm$ 0,264*
Кобальт, Co	0,93 $\pm$ 0,050	1,76 $\pm$ 0,233*	1,96 $\pm$ 0,218**
Хром, Cr	3,96 $\pm$ 0,099	5,36 $\pm$ 0,176*	6,86 $\pm$ 0,088**
Нікол, Ni	0,56 $\pm$ 0,005	0,67 $\pm$ 0,012**	0,76 $\pm$ 0,012**
Плюмбум, Pb	0,11 $\pm$ 0,010	0,19 $\pm$ 0,009*	0,22 $\pm$ 0,008**
Кадмій, Cd	0,04 $\pm$ 0,005	0,08 $\pm$ 0,003*	0,11 $\pm$ 0,005**

Слід відмітити, що в лісостеповій зоні Карпатського регіону, порівняно з гірською, в орному шарі ґрунту та бджолиному обніжжі є

досить високий вміст пробіотичних важких металів – Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому та Ніколу. Наведені вище важкі метали в допустимих

кількостях вкрай необхідні для нормального функціонування тканин рослин і бджіл (Hsu P.-S. et al., 2021). Але підвищений в орному шарі ґрунту й бджоломному обніжжі рівень токсичних Плюмбуму та Кадмію видно здатний нівелювати позитивний вплив пробіотичних важких металів на згадувані тканини (Pugać J. et al., 2019).

Високий рівень Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію у бджоломному обніжжі в свою чергу є причиною зростання їх вмісту в тканинах медоносних бджіл (табл. 3 і 4). Зокрема встановлено, що в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної (на початку та в кінці літнього періоду відповідно 163,76 і 176,44 г·10⁻³/кг сирової маси) й лісостепової (191,91 і 211,16) зон, порівняно з гірською зоною (на початку та в кінці літнього періоду відповідно 130,04 і 133,55

г·10⁻³/кг сирової маси), є більший сумарний вміст досліджуваних важких металів (табл. 3 і 4). При цьому в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, є вищий рівень небезпечних елементів першого класу токсичності – Плюмбуму (у 1,4–1,8 рази) та Кадмію (у 1,8–2,9 рази). Також є більша концентрація елемента другого класу токсичності – Хрому (у 1,3–1,6 рази).

Виходячи з наведеного вище тканини черевця медоносних бджіл гірської зони в кінці літнього періоду порівняно до його початку накопичують в собі всього на 2,70 % більший сумарний вміст досліджуваних важких металів, тоді як медоносні бджоли передгірної зони – на 7,74 %, а бджоли лісостепової зони – на 10,03 %.

Таблиця 3. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в тканинах черевця медоносних бджіл на початку літнього періоду в різних природних зонах Карпатського регіону, г·10⁻³/кг сирової маси (M±m, n=3)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	46,48±1,046	63,72±1,220***	77,03 ±1,630***
Цинк, Zn	77,08±1,190	91,32±1,536**	104,24±2,060***
Купрум, Cu	0,34±0,012	0,47±0,014**	0,59±0,014***
Кобальт, Co	0,31±0,009	0,36±0,014*	0,43±0,017**
Хром, Cr	2,43±0,070	3,12±0,082*	3,78±0,112**
Нікол, Ni	2,43±0,035	3,40±0,067***	4,13±0,059***
Плюмбум, Pb	0,88±0,035	1,21±0,038**	1,50±0,046***
Кадмій, Cd	0,09±0,009	0,16±0,006**	0,21±0,012**

Таблиця 4. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в тканинах черевця медоносних бджіл у кінці літнього періоду в різних природних зонах Карпатського регіону, г·10⁻³/кг сирової маси (M±m, n=3)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	47,54±1,038	68,33±1,197***	84,43 ±1,623***
Цинк, Zn	79,12±1,178	98,54±1,544**	115,20±2,111***
Купрум, Cu	0,35±0,011	0,52±0,012**	0,66±0,015***
Кобальт, Co	0,32±0,010	0,40±0,015*	0,48±0,019**
Хром, Cr	2,64±0,074	3,47±0,085*	4,08±0,120**
Нікол, Ni	2,56±0,038	3,68±0,072***	4,46±0,062***
Плюмбум, Pb	0,93±0,033	1,32±0,035**	1,62±0,048***
Кадмій, Cd	0,09±0,009	0,18±0,007**	0,23±0,014**

Важкі метали за фізіологічно обумовленого рівня причетні до обмінних процесів і вмісту жирних кислот у тканинах організму бджіл. Зокрема ініційований Кобальтом синтез протеїнів у тканинах бджіл, через активацію транспортних та інформаційних нуклеїнових кислот (Osman D. et al., 2021), як правило, супроводжується акумуляцією поліненасичених жирних кислот, необхідних для побудови цитоплазматичних і клітинних мембран.

Купрум через те, що він входить в склад 9-десатурази, у тканинах організму бджіл за фізіологічно обумовленого рівня сприяє утворенню із насичених жирних кислот пальмітинової та стеаринової моновенасичених жирних кислот родин відповідно омега-7 (пальмітоолеїнову) і омега-9 (олеїнову). (Di N. et al., 2020; Takic M. et al., 2021).

Лінолева та ліноленова кислоти, які послідовно синтезуються в тканинах рослин із олеїнової кислоти, вважаються незамінними для бджіл і тому повинні надходити в їх організм із кормом (Giri S. et al., 2018; Corby-Harris V. et al., 2021; Mărgăoan R. et al., 2021). Вже в тканинах бджіл із лінолевої та ліноленової кислот через те, що Цинк входить в склад 2-, 3-, 4-, 5- й 6-десатурази, синтезуються ще більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти відповідно родин омега-6 (ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, докозатриєнова, докозатетраєнова) і омега-3 (ейкозапентаєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова) (Corby-Harris V. et al., 2021; Mărgăoan R. et al., 2021).

Більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти родин омега-3 й омега-6 є дуже цінними для організму бджіл. Наведені вище поліненасичені жирні кислоти в тканинах організму бджіл є джерелом для побудови цитоплазматичних і клітинних мембран та синтезу біологічно активних похідних – простагландинів, тромбоксанів і лейкотриєнів (Trinkl M. et al., 2020; Mărgăoan R. et al., 2021; Matuszewska E. et al., 2021). Тим самим поліненасичені жирні кислоти родин омега-3 й омега-6 впливають на стан здоров'я й життєдіяльність бджіл.

Особливо цінними поліненасиченими жирними кислотами для організму бджіл є жирні кислоти родини омега-3 (ейкозапентаєнова, докозатриєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова) (Trinkl M. et al., 2020; Matuszewska E. et al., 2021; Takic M. et al., 2021). Ці кислоти в тканинах організму бджіл є ініціаторами синтезу дуже сильних та швидкодіючих протизапальних речовин пептидного характеру – цитокінів (Ranneh Y. et al., 2021).

Виходячи з наведеного вище наступним нашим завданням було дослідження концентрації естерифікованих, неестерифікованих і аніонних форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону.

У тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл передгірної та лісостепової зон



Карпатського регіону, порівняно з гірською зоною, впродовж літнього періоду досліджувався вміст естерифікованих, неестерифікованих і аніонних форм насичених жирних кислот з парною (каприлової, капринової, лауринової, міристинової, пальмітинової й стеаринової) і непарною (пентадеканової) кількістю Карбонових атомів у ланцюгу, моновенасичених жирних кислот родин омега-7 (пальмітолеїнової) й омега-9 (олеїнової й ейкозаєнової) та поліненасичених жирних кислот родин омега-3 (ліноленової, ейкозапентаєнової, докозатриєнової, докозапентаєнової й докозагексаєнової) і омега-6 (лінолевої, ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової-арахідонової, докозатриєнової й докозатетраєнової). Дані про їх вміст представлені в таблицях 5, 6, 7, 8, 9 і 10. Лід відмітити, що естерифікованих форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл є найбільша кількість (Burdge G. C., 2018; Giri S. et al., 2018; Саранчук І. І., 2020; Corby-Harris V. et al., 2021; Desbois A. P., Smith V. J., 2022). Менша кількість жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл є в неестерифікованій формі, ще менша – в аніонній (Саранчук І. І., 2020). Естерифіковані форми жирних кислот у згадуваних тканинах медоносних бджіл входять в склад фосфоліпідів, естерифікованого холестеролу, моно-, ди- і триацилгліцеролів. Неестерифіковані форми жирних кислот є складовими ліпопротеїнових комплексів, а аніонні – зв'язаними з катіонами (Corby-Harris V. et al., 2021; Desbois A. P., Smith V. J., 2022).

Встановлено (табл. 5), що менша загальна концентрація естерифікованих форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній (відповідно 17,67 г/кг сирої маси) й лісостеповій (16,98) зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні (21,72), на початку літнього періоду зумовлена нижчим рівнем в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 2,24 і 2,09 проти 2,93) й непарною (0,07 і 0,06 проти 0,09) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, моновенасичених жирних кислот родин омега-7 (0,05 і 0,04 проти 0,08) і омега-9 (3,53 і 3,36 проти 4,12) та поліненасичених жирних кислот родин омега-3 (6,18 і 5,97 проти 7,61) й омега-6 (відповідно 5,60 і 5,46 проти 6,89 г/кг сирої маси).

Таблиця 5. Вміст естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл в різних природних зонах Карпатського регіону на початку літнього періоду, г/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	0,08±0,003	0,04±0,003**	0,03±0,003**
Капринова, 10:0	0,05±0,003	0,03±0,003*	0,02±0,003**
Лауринова, 12:0	0,06±0,003	0,04±0,003*	0,03±0,003**
Міристинова, 14:0	0,07±0,003	0,05±0,003*	0,04±0,003**
Пентадеканова, 15:0	0,09±0,003	0,07±0,003*	0,06±0,003**
Пальмітинова, 16:0	1,20±0,028	0,93±0,024**	0,92±0,012***
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,08±0,003	0,05±0,003*	0,04±0,003**
Стеаринова, 18:0	1,30±0,032	1,04±0,045**	0,95±0,024***
Олеїнова, 18:1	3,91±0,085	3,36±0,031**	3,21±0,059**
Лінолева, 18:2	2,79±0,074	2,28±0,080**	2,23±0,038**
Ліноленова, 18:3	4,05±0,113	3,31±0,052**	3,20±0,067**
Арахідова, 20:0	0,17±0,007	0,11±0,005**	0,10±0,006**
Ейкозаєнова, 20:1	0,21±0,006	0,17±0,003*	0,15±0,003**
Ейкозациєнова, 20:2	0,21±0,009	0,17±0,003*	0,15±0,003**
Ейкозатриєнова, 20:3	0,31±0,009	0,23±0,009**	0,21±0,006**
Арахідонова, 20:4	3,18±0,076	2,67±0,035**	2,60±0,032**
Ейкозапентаєнова, 20:5	2,17±0,071	1,74±0,023**	1,71±0,017**
Докозациєнова, 22:2	0,28±0,012	0,21±0,006**	0,19±0,007**
Докозатриєнова, 22:3	0,32±0,010	0,23±0,006**	0,21±0,006**
Докозатетраєнова, 22:4	0,32±0,009	0,25±0,006**	0,23±0,007**
Докозапентаєнова, 22:5	0,53±0,015	0,43±0,006**	0,40±0,007**
Докозагексаєнова, 22:6	0,54±0,009	0,47±0,015*	0,45±0,007**

Встановлено, що загальний рівень естерифікованих форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній (на 12,8 %) та лісостеповій (10,5) зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні (на

15,1 %), у кінці літнього періоду по відношенню до його початку, підвищується за рахунок насичених жирних кислот з парною й непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин омега-7 і омега-9 та поліненасичених жирних кислот родин омега-3 й омега-6 (табл. 6).

Таблиця 6. Вміст естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону в кінці літнього періоду, г/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	0,09±0,005	0,05±0,003*	0,04±0,003*
Капринова, 10:0	0,06±0,003	0,04±0,003*	0,03±0,003*
Лауринова, 12:0	0,06±0,005	0,05±0,003*	0,03±0,006*
Міристинова, 14:0	0,08±0,005	0,06±0,003*	0,04±0,003*

Пентадеканова, 15:0	0,10±0,005	0,08±0,003*	0,06±0,003*
Пальмітинова, 16:0	1,36±0,022	1,04±0,027*	1,02±0,011*
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,09±0,03	0,06±0,003*	0,05±0,006*
Стеаринова, 18:0	1,49±0,030	1,18±0,071*	1,05±0,025*
Олеїнова, 18:1	4,46±0,155	3,76±0,033*	3,54±0,064*
Лінолева, 18:2	3,19±0,140	2,55±0,091*	2,45±0,042*
Ліноленова, 18:3	4,62±0,155	3,71±0,058*	3,51±0,060*
Арахінова, 20:0	0,20±0,015	0,12±0,009*	0,11±0,003*
Ейкозаєнова, 20:1	0,24±0,005	0,19±0,010*	0,16±0,005**
Ейкозациєнова, 20:2	0,24±0,015	0,19±0,003*	0,16±0,003**
Ейкозатриєнова, 20:3	0,33±0,015	0,26±0,008*	0,23±0,007*
Арахідонова, 20:4	3,63±0,150	2,99±0,040*	2,87±0,026*
Ейкозапентаєнова, 20:5	2,48±0,140	1,94±0,026*	1,88±0,020*
Докозациєнова, 22:2	0,32±0,010	0,23±0,010*	0,20±0,008*
Докозатриєнова, 22:3	0,34±0,006	0,26±0,005*	0,23±0,010*

Неестерифікованих форм жирних кислот, порівняно з естерифікованими, у тканинах організму медоносних бджіл дуже мало, всього декілька відсотків (Giri S. et al., 2018; Саранчук І. І., 2020; Corby-Harris V. et al., 2021). Але неестерифіковані форми жирних кислот є дуже активними та тому тривалість їхнього життя в тканинах організму медоносних бджіл лежить в межах 2-3 хвилини (Corby-Harris V. et al., 2021). Це пов'язано з їх дуже високою реакційною здатністю в обмінних процесах (Giri S. et al., 2018).

Встановлено (табл. 7), що менша загальна концентрація неестерифікованих форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл,

отриманих із вуликів, розміщених у передгірній (836,4 г·10⁻³/кг сирової маси) та лісостеповій (819,4) зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні (960,5), на початку літнього періоду зумовлена нижчим рівнем в їх складі насичених жирних кислот з парною (110,9 і 108,5 проти 129,5) й непарною (3,5 і 3,4 проти 4,3) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин омега-7 (2,7 і 2,5 проти 3,4) і омега-9 (167,9 і 165,7 проти 190,3) та поліненасичених жирних кислот родин омега-3 (286,5 і 282,8 проти 335,3) й омега-6 (264,9 і 256,5 проти 297,7 г·10⁻³/кг сирової маси).

Таблиця 7. Вміст неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл в різних природних зонах Карпатського регіону на початку літнього періоду, г·10⁻³/кг сирової маси (M±m, n=3)

Кислота та її код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	4,1±0,15	3,1±0,09**	2,8±0,07**
Капринова, 10:0	1,6±0,06	1,2±0,09*	1,0±0,09**
Лауринова, 12:0	2,3±0,07	1,7±0,06**	1,6±0,06**
Міристинова, 14:0	2,4±0,06	1,9±0,06**	1,8±0,06**
Пентадеканова, 15:0	4,3±0,12	3,5±0,06**	3,4±0,06**
Пальмітинова, 16:0	53,0±1,43	45,6±0,45*	44,8±0,34**
Пальмітоолеїнова, 16:1	3,4±0,09	2,7±0,03**	2,5±0,06**
Стеаринова, 18:0	58,5±1,16	51,1±0,79**	50,4±1,07**
Олеїнова, 18:1	179,9±3,44	159,6±0,84**	157,8±0,57**
Лінолева, 18:2	128,3±1,91	110,9±0,53***	106,8±3,19**



Ліноленова, 18:3	184,4±4,19	159,4±2,71**	158,9±0,76**
Арахідова, 20:0	7,6±0,23	6,3±0,12**	6,1±0,06**
Ейкозаєнова, 20:1	10,4±0,38	8,3±0,09**	7,9±0,06**
Ейкозациєнова, 20:2	11,1±0,17	9,1±0,09***	8,7±0,06***
Ейкозатриєнова, 20:3	5,5±0,18	4,3±0,09**	4,0±0,09**
Арахідонова, 20:4	137,9±3,25	120,8±1,11**	118,3±1,12**
Ейкозапентаєнова, 20:5	92,2±2,30	80,0±0,67**	78,2±0,92**
Докозациєнова, 22:2	12,5±0,46	9,6±0,12**	9,2±0,12**
Докозатриєнова, 22:3	13,4±0,42	10,1±0,15**	9,8±0,17**
Докозатетраєнова, 22:4	13,5±0,41	10,2±0,15**	9,5±0,07***
Докозапентаєнова, 22:5	21,5±0,50	17,8±0,12**	17,2±0,09**
Докозагексаєнова, 22:6	23,8±0,79	19,2±0,15**	18,7±0,17**

Загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній (на 10,1 %) та лісостеповій (8,0) зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні (відповідно на 13,1 %), у

кінці літнього періоду по відношенню до його початку, зростає з боку насичених жирних кислот з парною й непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, моновенасичених жирних кислот родин омега-7 і омега-9 та поліненасичених жирних кислот родин омега-3 й омега-6 (табл. 8).

Таблиця 8. Вміст неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл в різних природних зонах Карпатського регіону в кінці літнього періоду, г·10⁻³/кг сирової маси (M±m, n=3)

Кислота та її код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	4,5±0,30	3,3±0,12*	3,0±0,07*
Капринова, 10:0	1,7±0,10	1,3±0,09*	1,1±0,12*
Лауринова, 12:0	2,5±0,05	1,8±0,06**	1,7±0,06**
Міристинова, 14:0	2,6±0,10	2,0±0,09*	1,9±0,06*
Пентадеканова, 15:0	4,7±0,25	3,8±0,06*	3,6±0,06*
Пальмітинова, 16:0	59,3±2,70	50,0±0,35*	48,6±0,37*
Пальмітоолеїнова, 16:1	3,7±0,15	2,8±0,03*	2,7±0,06*
Стеаринова, 18:0	65,5±1,55	56,3±0,78*	54,5±1,16*
Олеїнова, 18:1	201,4±0,80	176,0±0,93**	171,1±0,63**
Лінолева, 18:2	143,7±3,70	122,7±0,95*	115,9±3,26*
Ліноленова, 18:3	206,5±8,05	175,8±2,97*	172,1±0,84*
Арахідова, 20:0	8,4±0,45	6,8±0,12*	6,6±0,06*
Ейкозаєнова, 20:1	11,6±0,75	9,1±0,09*	8,5±0,06*
Ейкозациєнова, 20:2	12,4±0,20	10,0±0,10*	9,4±0,05**
Ейкозатриєнова, 20:3	6,1±0,20	4,7±0,09*	4,2±0,09*
Арахідонова, 20:4	154,3±4,45	133,2±1,23*	128,2±1,20*

Ейкозапентаєнова, 20:5	103,2±0,25	88,2±1,06**	82,4±2,51*
Докозациєнова, 22:2	13,9±0,85	10,5±0,14*	9,9±0,11*
Докозатриєнова, 22:3	15,0±0,65	11,1±0,15*	10,4±0,20*
Докозатетраєнова, 22:4	15,1±0,70	11,0±0,31*	10,3±0,10*
Докозапентаєнова, 22:5	24,0±0,95	19,6±0,12*	18,5±0,09*
Докозагексаєнова, 22:6	26,5±1,55	21,1±0,18*	20,2±0,17*

Зменшення вмісту неестерифікованих форм жирних кислот у тканинах медоносних бджіл, які утримуються у вуликах, розміщених в передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, видно пов'язано з їх переходом в аніонну форму. Це зумовлено насамперед зв'язуванням неестерифікованих форм жирних кислот катіонами важких металів (Iri S. et al., 2018).

Аніонних форм жирних кислот у тканинах медоносних бджіл також є дуже мало, всього декілька відсотків (Corby-Harris V. et al., 2021). До того ж аніонні форми жирних кислот є малоактивними та тривалість їх життя в тканинах медоносних бджіл сильно залежить від зміни окисно-відновного потенціалу (Giri S. et al., 2018).

Встановлено (табл. 9), що більша загальна концентрація аніонних форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній (844,1 г·10⁻³/кг сирової маси) та лісостеповій (868,0) зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні (741,4), на початку літнього періоду зумовлена вищим рівнем в їх складі насичених жирних кислот з парною (115,1 і 118,0 проти 99,2) й непарною (3,5 і 3,7 проти 2,9) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин омега-7 (3,2 і 3,4 проти 2,5) і омега-9 (162,2 і 170,9 проти 149,7) та поліненасичених жирних кислот родин омега-3 (285,6 і 291,9 проти 250,3) й омега-6 (274,5 і 280,1 проти 236,8 г·10⁻³/кг сирової маси).

Таблиця 9. Вміст аніонних жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл в різних природних зонах Карпатського регіону на початку літнього періоду, г·10⁻³/кг сирової маси (M±m, n=3)

Кислота та її код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	3,1±0,06	3,8±0,07**	3,9±0,09**
Капринова, 10:0	1,2±0,06	1,7±0,06**	1,8±0,06**
Лауринова, 12:0	1,3±0,09	2,0±0,06**	2,1±0,06**
Міристинова, 14:0	1,7±0,06	2,3±0,06***	2,5±0,06***
Пентадеканова, 15:0	2,9±0,07	3,5±0,06**	3,7±0,06***
Пальмітинова, 16:0	40,5±0,77	45,0±1,17*	46,0±1,24*
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,5±0,09	3,2±0,06**	3,4±0,10**
Стеаринова, 18:0	45,9±0,66	53,8±0,78**	55,0±0,93**
Олеїнова, 18:1	141,6±2,18	153,0±0,69**	161,4±1,56**
Лінолева, 18:2	101,6±2,00	116,1±1,07**	117,8±0,95**
Ліноленова, 18:3	135,2±2,19	149,3±1,18**	151,9±1,30**
Арахінова, 20:0	5,5±0,09	6,5±0,09**	6,7±0,12**
Ейкозаєнова, 20:1	8,1±0,13	9,2±0,09**	9,5±0,09***
Ейкозациєнова, 20:2	8,2±0,15	9,7±0,12**	10,0±0,20**
Ейкозатриєнова, 20:3	8,0±0,12	9,2±0,09**	9,5±0,10***



Арахідонова, 20:4	101,0±1,85	117,5±1,16**	119,1±1,21**
Ейкозапентаєнова, 20:5	74,7±1,77	88,0±1,08**	90,0±1,60**
Докозадієнова, 22:2	8,7±0,18	10,3±0,12**	11,2±0,42**
Докозатрієнова, 22:3	9,0±0,19	11,0±0,52*	11,5±0,42**
Докозатетраєнова, 22:4	9,3±0,18	11,7±0,40**	12,5±0,41**
Докозапентаєнова, 22:5	14,7±0,20	17,5±0,36**	18,2±0,43**
Докозагексаєнова, 22:6	16,7±0,23	19,8±0,49**	20,3±0,41**

Загальна концентрація аніонних форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній (на 10,4 %) та лісостеповій (8,6) зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні (на 11,6 %), у кінці літнього періоду по відношенню до його початку, збільшується за рахунок насичених жирних кислот з парною й непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин омега-7 і омега-9 та поліненасичених жирних кислот родин омега-3 й омега-6 (табл. 10).



Таблиця 10. Вміст аніонних жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону в кінці літнього періоду, $\text{г} \cdot 10^{-3} / \text{кг}$ сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

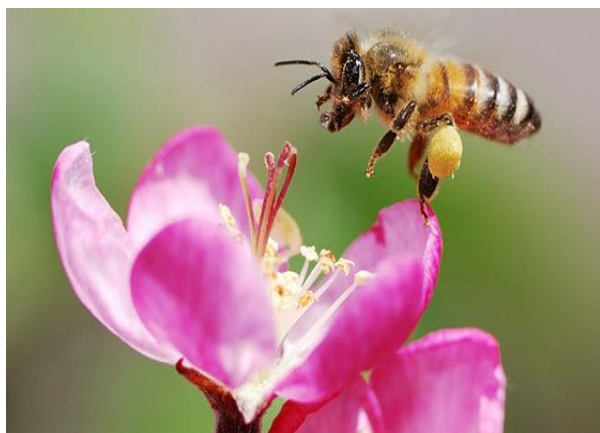
Кислота та її код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	3,5±0,10	4,1±0,10*	4,3±0,09*
Капринова, 10:0	1,4±0,10	1,8±0,03*	2,0±0,06*
Лауринова, 12:0	1,5±0,10	2,2±0,09*	2,3±0,06*
Міристинова, 14:0	1,9±0,05	2,5±0,06*	2,7±0,06*
Пентадеканова, 15:0	3,2±0,10	3,8±0,06*	4,0±0,06*
Пальмітинова, 16:0	45,4±1,45	49,7±0,96*	49,4±1,32*
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,8±0,10	3,5±0,06*	3,8±0,09*
Стеаринова, 18:0	51,4±1,30	59,2±0,87*	59,6±1,03*
Олеїнова, 18:1	158,6±4,20	174,3±0,75*	175,7±1,17*
Лінолева, 18:2	113,8±3,65	127,2±1,12*	128,6±0,90*
Ліноленова, 18:3	149,7±3,45	164,2±1,02*	164,7±1,41*
Арахідова, 20:0	6,1±0,15	7,1±0,09*	7,3±0,09*
Ейкозаєнова, 20:1	8,9±0,20	10,1±0,09*	10,3±0,09*
Ейкозадієнова, 20:2	9,1±0,25	10,6±0,15*	10,9±0,22*
Ейкозатрієнова, 20:3	8,9±0,10	10,1±0,09*	10,6±0,15*
Арахідонова, 20:4	113,1±3,60	129,5±1,22*	129,4±1,06*
Ейкозапентаєнова, 20:5	83,6±2,45	96,7±1,22*	97,6±1,73*

Докозадиєнова, 22:2	9,6±0,30	11,3±0,12*	12,1±0,45*
Докозатриєнова, 22:3	9,3±0,10	11,4±0,09**	12,4±0,45**
Докозатетраєнова, 22:4	10,3±0,20	12,8±0,43*	13,6±0,44*
Докозапентаєнова, 22:5	16,7±0,90	19,2±0,39*	19,8±0,45*
Докозагексаєнова, 22:6	18,7±0,45	21,8±0,55*	21,9±0,46*

Це вказує на негативний вплив присутніх рядом важких металів, насамперед токсичних Плюмбуму та Кадмію, на синтез у тканинах черевця медоносних бджіл дуже активних в біологічному та функціональному відношеннях більш довголанцюгових і ненасичених естерифікованих і особливо неестерифікованих форм жирних кислот родин омега-3 й омега-6.

Разом із тим це свідчить про те, що тканини черевця медоносних бджіл у кінці літнього періоду по відношенню до його початку нагромаджують в своєму складі естерифіковані, неестерифіковані та аніонні форми жирних кислот. Причому тканини черевця бджіл нагромаджують в своєму складі у більшій мірі естерифіковані форми жирних кислот. Неестерифіковані та особливо аніонні форми жирних кислот нагромаджуються в тканинах черевця бджіл у значно менших кількостях.

Нагромадження естерифікованих, неестери-



фікованих і аніонних форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, видно, насамперед пов'язане з функціональною активністю жирового тіла та підготовкою організму до виживання у складний зимовий період.

Слід також зазначити, що екологічні умови довкілля значно впливають на рівень нагромадження естерифікованих, неестерифікованих і аніонних форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл. Зокрема рівень нагромадження наведених вище форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, які утримуються у вуликах, розміщених у гірській зоні Карпатського регіону, порівняно з тканинами бджіл, які утримуються на пасіках, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах, є вищим.

Підсумовуючи наведене вище, можна стверджувати, що високий рівень важких металів і аніонних форм жирних кислот та низький естерифікованих і неестерифікованих форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, є наслідком урбанізації та індустріалізації території.

Встановлено, що медова продуктивність робочих бджіл у гірській зоні Карпатського регіону знаходиться на рівні 46,6±0,95 кг, в передгірній – 36,6±1,04, $p<0,05$, а в лісостеповій – 31,2±0,56 кг, $p<0,01$ на одну бджолосім'ю за сезон. Видно, що через високий рівень важких металів, у тому числі токсичних, але низький – естерифікованих жирних кислот, у тканинах, знижується медова продуктивність робочих бджіл. На такий же негативний вплив територій, забруднених важкими металами, на продуктивні ознаки медоносних бджіл вказують також інші вчені (Gizaw G. et al., 2020; Monchanin C. et al., 2021).

У всьому світі ведуться пошуки засобів біоіндикації екологічного стану довкілля (Комарова І., 2018; Costa A. et al., 2021). Це пов'язано з тим, що важкі метали, як і інші забруднювачі навколишнього середовища, мають неодинаковий рівень переходу з ґрунту в кореневу систему, з кореневої системи в стебло, з стебла в суцвіття та з суцвіття в пилок і нектар.

Раніше вказувалось (Саранчук І. І., Рівіс Й. Ф. 2008), що в умовах Карпатського регіону біоіндикатором екологічного стану довкілля, через оптимальний вміст важких металів і жирних кислот, може служити пилок *Taraxacum officinale* Wigg. Позитивним в цьому біоіндикаторі є те, що він дозволяє визначати різні рівні нагромадження важких металів і різних форм жирних кислот та тим самим дає більше інформації. Біоіндикатором екологічного стану довкілля за вмістом важких металів і різних форм жирних кислот можуть служити також тканини черевця медоносних бджіл.

Висновки

У тканинах черевця медоносних бджіл передгірної (163,76 г·10⁻³/кг сирової маси) й лісостепової (191,91) зон, порівняно з гірською зоною (130,04 г·10⁻³/кг сирової маси), на початку літнього періоду є більший сумарний вміст досліджуваних важких металів. При цьому в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, є вищий рівень небезпечних



елементів першого класу токсичності – Плюмбуму (у 1,4–1,8 рази) та Кадмію (у 1,8–2,9 рази). Також помітно є більша концентрація елемента другого класу токсичності – Хрому (у 1,3–1,6 рази).

Тканини черевця медоносних бджіл гірської зони в кінці літнього періоду порівняно до його початку накопичують в собі всього на 2,70 % більший сумарний вміст важких металів, тоді як тканини черевця бджіл передгірної та лісостепової зон – відповідно на 7,74 і 10,03 % більший.

У напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону в тканинах черевця медоносних бджіл спостерігається зменшення вмісту естерифікованих (відповідно 21,7-23,2, 17,7-18,6 й 17,0-17,7 г/кг сирової маси) і неестерифікованих (960,5-1002,5, 805,5-873,9 й 771,8-819,4 г·10⁻³/кг сирової маси) форм жирних кислот, але збільшення – аніонних (відповідно 493,1-741,4, 578,9-844,1 й 603,3-868,0 г·10⁻³/кг сирової маси).

Рівень нагромадження естерифікованих, неестерифікованих і аніонних форм жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, які утримуються у вуликах, розміщених у гірській (відповідно на 15,1, 13,1 і 11,6 %) зоні Карпатського регіону, порівняно з тканинами бджіл, які утримуються на пасіках, розміщених у передгірній

(12,8, 10,1 і 10,4) та особливо лісостеповій (відповідно на 10,5, 8,0 і 8,6 %) зонах, впродовж літнього періоду є вищим.

Медова продуктивність робочих бджіл на одну бджолосім'ю за сезон у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською, є меншою відповідно на 27,3 % і 49,4 %.

Біоіндикатором екологічного стану довкілля за вмістом важких металів і різних форм жирних кислот можуть служити тканини черевця медоносних бджіл.



Список використаної літератури

- Al-Kahtani S. N., Taha E.-K. A., Farag S. A., Taha R. A., Abdou E. A., Mahfouz H. M. Harvest Season Significantly Influences the Fatty Acid Composition of Bee Pollen. *Biology*. 2021. Vol. 10, Issue 6. P. 495-504. doi: 10.3390/biology10060495
- Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*. 2020. Vol. 6, Issue 9. P. 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Castañes C., Boyce M., Millar H., Lawler N., Bates T., Grass J. Mobilization of Lipids Underpins Honey Bee and Colony Health During Limited Supplementary Feeding. *Research Square*. 2022. P. 1-28. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1248474/v1> Електронний ресурс: <https://assets.researchsquare.com/files/rs1248474/v1/0552fe71-eb7c-44d4-afc5cb5fbd4aa5d.pdf?c=1645003298>
- Corby-Harris V., Bennett M. M., Deeter M. E., Snyder L., Meador C., Welchert A. C., Hoffman A., Obernesser B. T., Carroll M. J. Fatty acid homeostasis in honey bees (*Apis mellifera*) fed commercial diet supplements. *Apidologie*. 2021. Vol. 52, P. 1195-1209. <https://doi.org/10.1007/s13592-021-00896-0>
- Costa A., Veca M., Barberis M., Cicerone L., Tangorra F. M. Predicting atmospheric cadmium and lead using honeybees as atmospheric heavy metals pollution indicators. Results of a monitoring survey in Northern Italy. *Italian Journal of Animal Science*. 2021. Vol. 20, Issue 1. P. 850-858.

- Desbois A. P., Smith V. J. Antibacterial free fatty acids: activities, 5 mechanisms of action and 6 biotechnological potential P. 1-50.

Електронний ресурс:

<https://core.ac.uk/download/pdf/9821228.pdf> (accessed 11.10.2022).

- Didaras N. A., Karatasou K., Dimitriou T. G., Amoutzias G. D., Mossialos D. Antimicrobial Activity of Bee-Collected Pollen and Beebread: State of the Art and Future Perspectives. *Antibiotics*. 2020. Vol. 9, № 11. P. 811-840. doi: 10.3390/antibiotics9110811
- Di N., Zhang K., Hladun K. R., Rust M., Chen Y.-F., Zhu Z.-Y., Liu T.-X., Trumble J. T. Joint effects of cadmium and copper on *Apis mellifera* foragers and larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 2020. Vol. 237. P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108839>
- El-Seedi H. R., Eid N., Abd El-Wahed A. A., Rateb M. E., Afifi H. S., Algethami A. F., Zhao C., Al Naggari Y., Alsharif S. M., Tahir H. E., Xu B., Wang K., Khalifa S.A. M. Honey Bee Products: Preclinical and Clinical Studies of Their Anti-inflammatory and Immunomodulatory Properties. *Front. Nutr.* 2022. Vol. 8. doi: 10.3389/fnut.2021.761267 Електронний ресурс: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.761267/full>
- Giri S., Rule D. C., Dillon M. E. Fatty acid composition in native bees: Associations with thermal and feeding ecology. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. 2018. Vol. 218. P. 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.01.013>

- Gizaw G., Kim Y. H., Moon K. H., Choi J. B., Kim Y. H., Park J. K. Effect of environmental heavy metals on the expression of detoxification-related genes in honey bee *Apis mellifera*. *Apidologie*. 2020. Vol. 51. P. 664–674. Doi: 10.1007/s13592-020-00751-8
- Hsu P.-S., Wu T.-H., Huang M.-Y., Wang D.-Y., Wu M.-C. Nutritive Value of 11 Bee Pollen Samples from Major Floral Sources in Taiwan. *Foods*. 2021. Vol. 10, Issue 9, P. 2229–2244. <https://doi.org/10.3390/foods10092229>
- Identification of a metallothionein gene in honey bee *Apis mellifera* and its expression profile in response to Cd, Cu and Pb exposure / J. Purać et al. *Mol. Ecol.* 2019. Vol. 28, № 4. P. 731–745.
- Klym O., Stadnytska O. Heavy metals in the dandelion and apple tree pollen from the different terrestrial ecosystems of the Carpathian region. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2019. Vol. 18, № 3. S. 15–20.
- Kobysch A. I., Chechet O. M., Shuliak S. V., Omelchun Yu. A., Miahka K. S., Marchenko T. V., Liniichuk N. V. The problem of the spread of toxicants in animal husbandry and the environment. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Veterinary Medicine" series*. 2021. Issue 3 (54). P. 17–25. DOI <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2021.3.3>
- Komarova I. *Taraxacum officinale* as bioindicator of heavy metal accumulation in soil. *Danish Scientific Journal (DSJ)*. Istedgade 1041650 København V Denmark. 2018. № 8. P. 10–12. (site: <http://www.danish-journal.com>).
- Kovalskyi Yu. V., Kyrlyiv Ya. I. Technology of obtaining beekeeping products. Lviv, 2011. 253 p.
- Kovka N. O., Nedashkivskiy V. M. Duration and periods of flowering of the main nectarifera in conditions of the right-bank forest-steppe. *Animal husbandry of Ukraine*. 2019. No 4. P. 36–39.
- Krainiukov O., Kryvytska I., Cherkashyna Yu. Assessment of the influence of heavy metals on the photosynthetic apparatus of plants. A young scientist. *Biological sciences*. 2020. No 4 (80). P. 244–252. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-4-80-51>
- Kryvyi M. M., Zhukovets O. I., Dikhtiar O. O. Assessment of honey-bearing resources of forest ecosystems based on their typology. *Agrarian science. Animal feeding and feed technology*. 2018. Issue 2(101). P. 34–43.
- Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: a handbook / Vlizlo V. V. i in. Lviv, 2012. 759 p.
- Loretta Y., Yong R. N., Thomas H. R. Fate and Transport of Lead Pollution Along a Highway Corridor. *Geoenvironmental Engineering*. 2015. <https://doi.org/10.1680/geimogacl.32774.0012> URL: <https://www.icervirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/geimogacl.32774.0012> (last accessed: 12.09.2021).
- Mărgăoan R., Özkök A., Keskin Ş., Mayda N., Urcan A. C., Cornea-Cipcigan M. Bee collected pollen as a value-added product rich in bioactive compounds and unsaturated fatty acids: A comparative study from Turkey and Romania. *LWT*. 2021. Vol. 149. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111925>
- Електронний ресурс: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643821010781>
- Matin G., Kargar N., Buyukisik H. B. Biomonitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*. 2016. Vol. 90, № 5. P. 331–335.
- Matuszewska E., Klupczynska A., Maciołek K., Kokot Z. J., Matysiak J. Multielemental Analysis of Bee Pollen, Propolis, and Royal Jelly Collected in West-Central Poland. *Molecules*. 2021. Vol. 26, Issue 9. P. 1–18. doi: 10.3390/molecules26092415
- Methodology of agrochemical certification of agricultural lands / Za red. Yatsuka I. P., Baliuka S. A. 2-he vyd. dopov. Kyiv, 2019. 108 p. (Governing normative document).
- Methodology and organization of scientific research in animal husbandry: manual / Za red. I. I. Ibatullina, O. M. Zhukorskoho. Kyiv: Ahrarna nauka, 2017. 328 p.
- Monchanin C., Drujont E., Devaud J.-M., Lihoreau M., Barron A. B. Metal pollutants have additive negative effects on honey bee cognition. *Journal of Experimental Biology*. 2021. Vol. 224. P. 1–9. doi:10.1242/jeb.241869
- Polyunsaturated fatty acid metabolism / Edited by: G. C. Burdge. 2018. Academic Press et AOCS Press. 252 p.
- Ranneh Y., Akim A. M., Hamid H. A., Khazaai H., Fadel A., Zakaria Z. A., Albujja M., Fadzelly M., Bakar A. Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 2021. Vol. 21, Issue 30. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5>
- Razanov S. F., Didur I. M., Pervachuk M. V. Effectiveness of reduction of soil pollution by lead and cadmium by bee pollination of agricultural crops in the conditions of their mineral nutrition. *Agriculture and forestry: coll. of science Ave. VNAU*. 2015. No 2. P. 94–101.
- Ricigliano V. A., Dong C., Richardson L. T., Donnarumma F., Williams S. T., Solouki T., Murray K. K. Honey Bee Proteome Responses to Plant and Cyanobacteria (blue-green algae) Diets. *ACS Food Sci. Technol.* 2021. Vol. 1, № 1. P. 17–26. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00001>
- Rivis Y., Zaborski D., Gutty B., Hopanenko O., Diachenko O., Stadnytska O., Klym O., Saranchuk I., Bratyuk V., Fedak V. Quantitative and simultaneous gas chromatographic determination of various forms long-chain fatty acids in biological material / *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. Bucharest, 2022. Vol. 65, № 2. P. 24–29.
- Saranchuk I. I., Rivis Y. F. Fatty acid composition of bee pollen depending on environmental conditions. *Biology of animals*. 2008. Vol. 10, No 1, 2. P. 236–244.
- Saranchuk I. I. Level of non-esterified fatty acids in abdominal tissues and productive traits of bees fed different amounts of linseed oil. *Foothill and*

- mountain agriculture and animal husbandry. 2020. Issue. 67 (II). P. 253-264.
- Takic M., Zekovic M., Terzic B., Stojavljevic A., Mijuskovic M., Radjen S., Ristic-Medic D. Zinc Deficiency, Plasma Fatty Acid Profile and Desaturase Activities in Hemodialysis Patients: Is Supplementation Necessary? *Frontiers in Nutrition*. 2021. Vol. 8. P. 1-15. Doi:10.3389/fnut.2021.700450
- The requirement for cobalt in vitamin B₁₂: A paradigm for protein metalation / Osman D. et al. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA). Molecular Cell Research*. 2021. Vol. 1868, Issue 1. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2020.118896>
- Trinkl M., Kaluza B. F., Wallace H., Heard T. A., Keller A., Leonhardt S. D. Floral Species Richness Correlates with Changes in the Nutritional Quality of Larval Diets in a Stingless Bee. *Insects*. 2020. Vol. 11, Issue 125. P. 1-20. Doi:10.3390/insects11020125
- Tykhonova O. M., Kyrilchuk K. S., Shapoval V. P. Research of the gross content of nickel and arsenic in the diversion lanes of highways in the city of Sumy. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series "Agronomy and Biology"*. 2020. Issue 2 (40). P. 62-70.
- Vozhehova R. A., Vlashchuk A. M., Drobit O. S. Improvement of the ecological and remedial condition of soils on the basis of smart specialization. Materials of the 10th All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists "Current problems of agro-industrial production of Ukraine: sustainable development of agriculture in conditions of climate change", Lviv-Obroshyno. 2021. P. 15–16.

FEATURES OF THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS AND VARIOUS FORMS OF FATTY ACIDS IN THE TISSUES OF THE ABDOMEN AND THE HONEY PRODUCTIVITY OF BEES DEPENDING ON THE ECOLOGICAL STATE OF THE ENVIRONMENT

Yosyp RIVIS¹, Volodymyr POSTOIENKO², Oleh STASIV¹, doctors of agricultural sciences
Olha STADNYTSKA¹, Ivan SARANCHUK³, Oleh KLYM¹, Oleksandr DIACHENKO¹, Vasyl FEDAK¹, candidates of agricultural sciences, Olha HOPANENKO⁴, candidate of biological sciences

¹Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS

²NSC "Institute of Beekeeping named after P. I. Prokopovych",

³Bukovyna state agricultural research station,

⁴VNKZ LOR "Andrei Krupynskyi Lviv Medical Academy"

The article shows that experimental apiaries of clinically healthy honey bees of the Carpathian breed were selected on the basis of private apiary farms in the mountain, foothill and forest-steppe zones of the Lviv region. In order to assess the intensity of man-made load on the environment where experimental bee apiaries are located, the content of heavy metals, including toxic ones, was determined in the topsoil, bee pollen and abdominal tissues of honey bees. It was recorded that in the abdominal tissues of honey bees of the foothills and forest-steppe zones, compared to the mountain zone, at the beginning of the summer period, there is a higher total content of the studied heavy metals. At the same time, in the tissues of the abdomen of honey bees of the foothills and forest-steppe zones, compared to the conditionally clean mountain environment, there is a higher level of dangerous elements of the first toxicity class – Lead and Cadmium. There is also a noticeable higher concentration of the element of the second class of toxicity – Chromium. Abdomen tissues of honey bees of the mountain zone at the end of the summer period, compared to before its beginning, accumulate a small total amount of heavy metals, while the tissues of honey bees of the foothill zone have a larger amount, and the tissues of bees of the forest-steppe zone have the largest amount. In the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, in the abdominal tissues of honeybees, there is a decrease in the content of esterified and non-esterified forms of fatty acids, but an increase in anionic ones. The level of accumulation of esterified, non-esterified and anionic forms of fatty acids in the abdominal tissues of honey bees kept in hives located in the mountainous zone of the Carpathian region, compared to the tissues of bees kept in apiaries located in the foothills and especially forest-steppe zones, during the summer period is higher. The honey productivity of worker bees per beehive per season in the foothills and especially in the forest-steppe zones of the Carpathian region is lower, compared to the mountains. Abdominal tissue of honey bees can serve as a bioindicator of the ecological state of the environment in terms of the content of heavy metals and various forms of fatty acids.

Keywords: natural zones of the Carpathian region, heavy metals, fatty acids, abdominal tissue and honey productivity of bees, bioindicator.

Отримано: 20.01.2023
Погоджено до друку: 02.02.2023

DIRECTION OF THE FERMENTATION PROCESSES AND LEVEL OF THE VOLATILE FATTY ACIDS IN LIQUID CONTENT OF BULL RUMEN WHEN FEEDING THEM DIFFERENT FORMS OF CELLULOSE-CONTAINING FODDER

Andrii SHELEVACH, candidate of agricultural sciences

Institute of Agriculture of Carpathian Region,

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Hrushevskoho street, 5, Obroshyn, Lviv Region, Lviv Oblast, 81115, Ukraine

e-mail: 1059@i.ua

The direction of the fermentation processes and level of the volatile fatty acids (VFA) in liquid content of bull's rumen, when feeding them different forms of cellulose-containing fodder, were studied. It was established, that total amount of VFA, that comes from rumen to blood and tissues, influences significantly energetic supply of ruminants organism. Some VFA, which are coming from rumen to blood and tissues, are able to influence the direction metabolism processes and synthesis of particular components of ruminants' organism. It was shown, that influence of different forms of cellulose-containing fodder on direction metabolism processes in rumen and VFA assay in its fluid depends from time relative to beginning of feeding. It was established also, that different forms of cellulose-containing fodder are able to regulate fermentation processes in bull's rumen under condition of feeding to them young grass an combined fodder, as well as total amount and assay of some VFA in ruminal fluid depends from form of cellulose-containing fodder in ration.

Keywords: fermentation processes, volatile fatty acids, rumen, fiber-containing feed, ruminants.

Introduction

It is known that roughage fiber, having a low nutritional value, in the body of ruminants can also perform the function of a surface on which amylo-, lipo- and proteolytic microorganisms in the rumen show their maximal activity (Aliev, 1995; Bhat et al., 2019). They, in turn, break down nutrients and make them available to the host's body (Chandra et al., 2018; Chaplin et al., 2017). It should be noted that this function of fiber as a surface is poorly studied. In addition, the function of roughage fiber as a nutrient sorbent in the gastrointestinal tract of animals is poorly understood (Cunningham et al., 2017; Debrecen et al., 2015; Doig et al., 2018). The question of which of these three functions of fiber – nutritional, surface or adsorbing – is more valuable for the body of a ruminant animal is also little known (Febel et al., 2018; Firkins et al., 2017).

The influence of roughage fiber with different particle sizes on the processes of formation and absorption of volatile fatty acids (VFA) in the rumen of ruminants, as well as in the gastrointestinal tract when feeding green mass of cultivated pastures, is insufficiently studied (Givens, 2014; Granner et al., 2019).

The dry matter of the diet of ruminants should normally contain an average of 22% fiber (Groleau et al., 2011). The latter in the rumen, which is one of the sections of the compound stomach of ruminants, is subject to destruction by microorganisms, primarily cellulolytic bacteria (et al., 2019; et al., 2019; et al., 2019). As a result of the fermentation process of fiber breakdown products in the rumen of ruminants, a large amount of VFA is formed (Kononskiy, 1998; Kurylov, 1999). The mass of the latter per day can reach 4.5 kg (Lough et al., 2013; Ludden, 2020). The direction of fermentation processes (acetic, propionic or butyric acid fermentation) in the rumen of ruminants depends on the

concentration of hydrogen ions in it (MacLeod et al., 2014; Michalet-Doreau et al., 2020). Part of the formed VFA in the rumen of ruminants, with the help of microbial synthetases, is transformed into higher molecular weight fatty acids with even and odd number of carbon atoms in the chain (Miron et al., 2020). As a result of synthesis processes, the content of high-molecular-weight fatty acids in the rumen of ruminants can be 3-5 times higher than the amount that comes with feed (Moloney et al., 2021). Another part of the VFA formed in the rumen is absorbed by its wall and enters the liver through the circulatory system (Pascale et al., 2017). In the body tissues of ruminants, they serve as a source of energy and a substrate for the synthesis of higher molecular weight substances (Vorobiev et al., 2021). VFA provides up to 70% of the ruminant's body's energy needs (Yan Shi et al., 2017).

Young grass contains an insufficient amount of fiber – only 18-19% of dry matter (Fondevila et al., 2011). As a result, the microorganisms that inhabit the rumen and the body of the ruminant animal do not fully use the nitrogen of protein and non-protein nitrogen-containing compounds in the young grass to build its body (Junqin et al., 2010; Kijora et al., 2014). For better use of nitrogen-containing compounds, ruminants are fed roughage – hay or straw (Bhendrar et al., 2019; Brown et al., 2018). The direction of fermentation processes in the rumen of ruminants and the level of VFA in it after feeding them young grass with various types of roughage are not studied.

Based on the above, the aim of our research was to establish: 1) the direction of fermentation processes in the rumen of ruminants; 2) the concentration of VFA in the liquid fraction of the rumen content – depending on the time in relation to the start of feeding and the presence in the diet, along with young grass, of various forms of fiber-containing feed.

Materials and methods

In the "Litynske" farm of the Drohobyskyi district of the Lviv region, three groups of bulls (4 animals each) were formed, similar in origin, age and live weight. Three animals from each group underwent scar fistulas. During the months of May-July, animals of the control group received the basic ration (BR), which contained the green mass of cereal-legume pasture (35 kg) and compound feed (2.5 kg), under the conditions of tethered housing and two-time feeding. The animals of the research groups were fed 1 kg of winter wheat straw in addition to the main diet. Moreover, the animals of the I and II experimental groups were fed straw with a particle size of 0.2–2.0 and 3.0–5.0 cm, respectively. At the end of the experiment, samples of its liquid contents were taken from the cattle with rumen fistulas.

The latter were taken before morning feeding, as well as at 2nd and 7th hours after its start. In the liquid content of the rumen, the concentration of VFA was determined according to the method of Ravis and others (Ravis et al., 2004).

The obtained research results were processed using the standard package of Microsoft EXCEL statistical programs.

Results and discussion

As can be seen from the Table, the direction of fermentation processes in rumen of I and II experimental groups, which were fed young grass, mixed fodder and various forms of fiber-containing feed for 90 days, in comparison with bulls of the control group, which were fed only young grass and mixed fodder, before morning feeding changes towards an increase in propionic acid fermentation (after feeding straw cuttings with a particle size of 0.2 – 2.0 and 3.0 – 5.0 cm, respectively 20.8 and 20.1% versus 17.9%) and a decrease in acetic acid fermentation (after feeding straw cuttings with a particle size of 0.2 – 2.0 and 3.0 – 5.0 cm, respectively, 61.0 and 61.6% against 63.6%). This may indicate more intensive processes of fermentation of nutrients in the rumen of bulls of experimental groups, compared to bulls of the control group.

Table. The dynamics of the concentration of VFA in the liquid content of the rumen of the experimental bulls, g/l, M±m

VFA and their code	Groups of animals		
	control (basic ration – BR)	I experimental (BR + straw cutting with particle size 0.2-2.0 cm)	II experimental (BR + straw cutting with particle size 3.0-5.0 cm)
Before morning feeding			
Acetic, 2:0	3.67±0.031	3.60±0.033	3.34±0.030***
Propionic, 3:0	1.03±0.009	1.23±0.016***	1.09±0.014**
Butyric, 4:0	0.97±0.015	0.96±0.035	0.90±0.033
Isovaleric, iso 5:0	0.10±0.003	0.11±0.005	0.09±0.004
At the 2nd hour from the start of morning feeding			
Acetic, 2:0	5.83±0.054	4.82±0.072***	5.05±0.075***
Propionic, 3:0	2.17±0.024	1.91±0.039***	1.78±0.036***
Butyric, 4:0	2.18±0.057	1.43±0.055***	1.53±0.059***
Isovaleric, iso 5:0	0.22±0.019	0.10±0.015***	0.14±0.014**
At the 4th hour from the start of morning feeding			
Acetic, 2:0	4.90±0.045	4.08±0.019***	5.35±0.024***
Propionic, 3:0	1.52±0.049	1.40±0.029*	1.80±0.008***
Butyric, 4:0	1.67±0.050	1.32±0.065**	1.90±0.014**
Isovaleric, iso 5:0	0.09±0.011	0.04±0.007**	0.07±0.10

Note: * = $P < 0.05 - 0.02$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$

It should also be noted a decrease in the concentration of all VFA in both experimental groups compared to the control at the 4th hour after the start of feeding. Nevertheless, the reason for this may be a more intensive absorption of VFA by the walls of the rumen along with a high level of their synthesis.

In the liquid content of the rumen of the steers of the experimental groups, there was a tendency to decrease the concentration of each of the VFAs (Table). With the exception of the 4th hour values in group II for acetic, butyric and isovaleric acids, as well as for propionic acid in group I before feeding, all other values (except butyric



acid in experimental group I before feeding) were significantly lower relative to the control.

From the experimental data, it is also clear that the concentration of all VFA decreases the most in the 1st experimental group at the 4th hour after feeding, i.e. in the experimental animals, which were additionally fed straw straw with a particle size of 0.2–2.0 cm in addition to the main diet. It is quite likely that by the 4th hour, the maximum formation of VFA in the rumen of animals of the 1st experimental group passes and the process of their absorption begins to dominate. In addition, it should be taken into account the fact that straw particles with a size of 0.2–2.0 cm leave the rumen by the 4th hour after feeding and continue to perform mainly the function of a sorbent of nutrients in the gastrointestinal tract animals

The validity of this assumption is confirmed by the data relating to the 4th hour after feeding of the II experimental group: it was these animals at the 4th hour after feeding that showed the highest level of VFA. Moreover, it is always higher not only in comparison with the control, but also in comparison with the 1st experimental group with a minor exception regarding the content of isovaleric acid. At the 4th hour after feeding, the level of all VFAs, except for propionate, was also higher in the animals of the II experimental group compared to the animals of the I experimental group. It is also worth noting that in the rumen fluid of test group I bulls, compared to the control, the concentration of VFA (except propion) decreased at the 2nd and 4th hours.

As for the total amount of VFA in the liquid content of the rumen of cattle, before feeding it was the highest in animals of the I experimental group, at the 2nd hour after feeding it increased more noticeably in the animals of the II experimental group, and at the 4th hour after feeding it was the highest in the animals of the II experimental group, while it was the lowest in the animals of the I experimental group.

Such fluctuations in the concentration of VFA in the rumen fluid of the experimental bulls depending on the time in relation to the beginning of their feeding may be related not only to the specificity of the directionality of metabolic processes in the rumen, but also to temporal changes in the intensity of absorption of VFA in it and the rate of evacuation to the lower departments gastrointestinal tract. In particular, this may be a consequence of the fact that straw with a particle size of 0.2–2.0 cm moves much faster from the rumen to the following parts of the gastrointestinal tract than particles with a size of 3.0–5.0 cm.

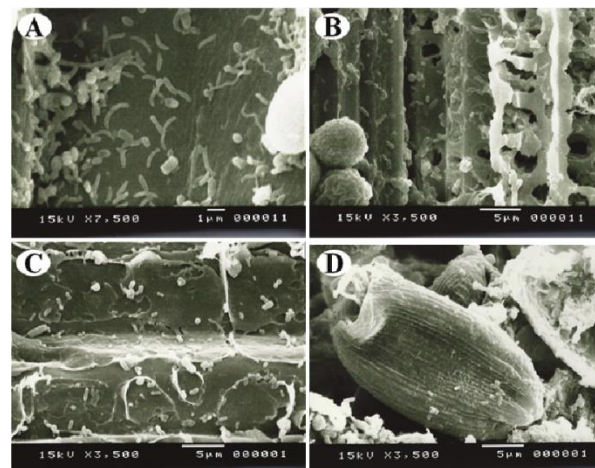
Despite the low nutritional value of winter wheat straw, the data we obtained indicate that its presence in the rumen of ruminants significantly affects the intensity and directionality of metabolic processes of VFA in it. The speed of passage of the contents of the rumen into the lower parts of the gastrointestinal tract depends on the size of its particles.

In addition, in the rumen fluid of bulls of the I and II experimental groups, compared to the bulls of the control group, the total amount of VFA slightly changes

(after feeding particles with a size of 0.2–2.0 and 3.0–5.0 cm, respectively, 5.90 and 5.42 g/l versus 5.77 g/l in the control). In the bulls of the 1st experimental group, compared to the bulls of the control group, this is due to an increase in the content of propionic acid (Table). In bulls of the II experimental group – with an increase in the level of propionic acid, but a decrease in acetic acid. At the same time, the relative (1.9 vs. 1.7%) and absolute amount of isovaleric acid in the liquid fraction of the rumen contents of test group I bulls compared to control group bulls slightly increased.

It should be emphasized that propionic acid fermentation in the rumen of ruminants takes place at a relatively low concentration of hydrogen ions, while acetic acid fermentation occurs at a high concentration of them. Isovaleric acid is formed in the rumen of ruminants as a result of the activation of the deamination process of such an amino acid as valine.

Before morning feeding in the rumen of bulls, which are fed various forms of fiber-containing feed (straw cut with a particle size of 0.2–2.0 and 3.0–5.0 cm) for 90 days, propionic acid fermentation prevails over acetic acid. This is apparently due to the very low concentration of hydrogen ions in it. In particular, the latter can also be created by nitrogen-containing compounds (Chandra et al., 2018). We found that at that time in the rumenal fluid of the animals there was a very low level of total, protein and non-protein nitrogen. At the same time, the total amount of VFA in the rumen fluid of bulls fed fiber-containing feed with a particle size of 0.2–2.0 cm slightly increases (mainly due to propionic acid), and bulls that consume fiber-containing feed with a particle size of 3.0–5.0 cm, – decreases (mainly due to acetic acid).



The above-mentioned processes of nitrogen exchange in the rumen of ruminants are accompanied by changes in the direction of fermentation processes in it and the level of certain VFAs in its liquid. Nitrogen-containing compounds affect the direction of fermentation processes in the rumen due to a change in the concentration of hydrogen ions in it. In turn, the different directionality of fermentation processes in the rumen is accompanied by changes in the content of certain VFAs in it. In addition, such an amino acid as



valine is directly related to such a volatile fatty acid as isovaleric acid. The latter is formed as a result of the process of deamination of the above amino acid.

On the 2nd hour after the start of feeding in the rumen of bulls of the I and II experimental groups, which were fed young grass, compound feed and various forms of fiber-containing feed, compared to bulls of the control group, which were fed only young grass and compound feed, the direction of fermentation processes changes towards predominance acetic acid fermentation (after straw cutting with a particle size of 0.2–2.0 and 3.0–5.0 cm, respectively, 58.4 and 59.4% versus 56.1%) over butyric acid fermentation (after straw cutting sharps with a particle size of 0.2–2.0 and 3.0–5.0 cm, respectively, 17.3 and 18.0% versus 21.0%).

As can be seen from the table, before the morning feeding, the most noticeable difference in the content of acetic acid compared to the control was in the rumen of animals of the II experimental group, and in terms of the content of propionic acid, the animals of the I experimental group were characterized by its highest content and to a somewhat lesser extent – the animals of the II experimental group.

While the difference in the concentration of butyric acid and isovaleric acid between the animals of the control and both experimental groups before feeding was insignificant, at the 4th hour after feeding, the concentration of isovaleric acid in the animals of the first experimental group was almost twice as low as compared to the control. In general, this is a positive indicator, since a decrease in the relative level of isovaleric acid may be a consequence of a decrease in the intensity of valine deamination. The content of butyric acid at the 4th hour after feeding in the rumen of animals of the I experimental group was also significantly lower compared to the control.

It is characteristic that while the concentration of all other studied VFA in the ruminal fluid of bulls before feeding has a tendency to decrease, the concentration of propionic acid, especially in bulls of the 1st experimental group, has a noticeable tendency to increase (Table). This may be caused by the long-term effects on the microflora of the rumen of exactly this

amount of straw cutting, despite the fact that the latter is evacuated from the rumen more quickly.

At the 4th hour after feeding, the concentration of acetic and butyric acids in the 1st experimental group is at a lower level compared to the control, and in the 2nd group, their concentration, as well as the propionic acid content, on the contrary, is higher. A similar trend is also observed with regard to isovaleric acid, but with a less pronounced increase in its concentration at the 4th hour in the II group.

It should be said that in the rumen of bulls of the 1st experimental group, compared to bulls of the control group, the growth of acetic acid fermentation is accompanied by an increase in propionic acid (23.1 vs. 20.9%). This once again indicates that when cattle are fed straw cuttings with a particle size of 0.2–2.0 cm in their rumen, the intensity of ferme the fermentation process of feed nutrients increases.



At the same time, in the rumenal fluid of bulls of the I and II experimental groups, compared to the bulls of the control group, the total concentration of VFA decreases (after straw cutting with particle sizes of 0.2–2.0 and 3.0–5.0 cm, respectively 8.26 and 8.50 g/l against 10.40 g/l). At the same time, in their scar fluid, the relative is greatly reduced (after straw cuttings with a particle size of 0.2 – 2.0 and 3.0 – 5.0 cm, respectively, 1.2 and 1.6% versus 2.1%) and the absolute amount of isovaleric acid.

As a result of feeding young grass, mixed fodder, and straw clippings with a particle size of 0.2–2.0 cm to bullocks of the I experimental group, compared to bullocks of the control group, which were fed only young grass and mixed fodder, at the 2nd hour from the start of feeding the direction of fermentation processes in the rumen changes strongly towards an increase in propionic acid fermentation (20.5 vs. 18.6%) and a decrease in butyric acid fermentation (19.3 vs. 20.4%). At the same time, the level of VFA in their scar fluid is significantly reduced (6.84 vs. 8.18 g/l). It is reduced by acetic, propionic, butyric and, especially, isovaleric acids. This may be due to the fact that this form of fiber-containing feed accelerates the evacuation of the contents of the rumen into the lower parts of the gastrointestinal tract.

After feeding the cattle of the II research group with young grass, compound feed and straw clippings with a



particle size of 3.0-5.0 cm, compared to the cattle of the control group, which were fed only young grass and compound feed, at the 2nd hour from the start of feeding, the direction fermentation processes in the rumen changes towards an increase in propionic acid (19.7 vs. 18.6%) and butyric acid (20.8 vs. 20.4%) fermentation, but a decrease in acetic acid (58.7 vs. 59.9%) fermentation. At the same time, the total amount of VFA increases in their scar fluid (9.12 vs. 8.18 g/l). It grows due to acetic, propionic and butyric acids (table). This occurs against the background of a decrease in the relative level of isovaleric acid (0.8 vs. 1.1%). The above-mentioned changes in the direction of fermentation processes in the rumen and the concentration of VFA in its liquid may be related to the fact that this form of fiber-containing feed does not contribute to the rapid evacuation of the contents of the rumen to the lower parts of the gastrointestinal tract.

The total amount of VFA, which enters the rumen into the blood and tissues, significantly affects the energy supply of the ruminant's body. Individual VFAs, which enter the blood and tissues from the rumen, are able to influence the direction of metabolic processes and the synthesis of individual components of the ruminant's body. Therefore, it is important that different forms of fiber-containing feed, having low energy and nutritional value, can significantly influence the direction of fermentation processes in the rumen and the level of certain VFAs in it.

The above-mentioned changes in the direction of fermentation processes in the rumen and the concentration of VFA in its liquid may be related to the

fact that different forms of fiber-containing feed (and with them other types of feed) are retained and digested differently in this part of the stomach.

Thus, the directionality of fermentation processes in the rumen and the concentration of VFA in its liquid depends on the presence of various forms of fiber-containing feed in the diet of cattle. In addition, the direction of fermentation processes in the rumen and the content of VFA in its liquid depends on the time in relation to the start of feeding the rumen.

The direction of fermentation processes in the rumen has an effect on the concentration of individual VFAs in its liquid. In turn, VFAs have a direct effect on synthesis in the rumen, with the participation of enzymes of microorganisms, saturated and monounsaturated VFAs. As a result of this process, the concentration of VFA in the rumen of ruminants increases by 3-5 times, in relation to the amount that entered their body with feed.

Conclusions

Different forms of fiber-containing feed regulate the directionality of fermentation processes in the rumen of steers fed with young grass and compound feed. The total amount and content of individual VFAs in the ruminal fluid of cattle fed young grass and compound fodder depends on the forms of fiber-containing feed in the diet. The effect of different forms of fiber-containing feed on the direction of fermentation processes in the rumen and the concentration of VFA in its liquid depends on the time relative to the beginning of feeding cattle.

References

- Aliev A. A. (1995) Lipid metabolism and productivity of ruminants / A. A. Aliev // M.: Kolos. 380 p.
- Bhat S., Wallace R. J., Orskov E. R. (2019) Study of the relation between straw quality and its colonization by rumen microorganisms. *J. Agric. Sci.* Vol. 110. p. 561-565.
- Bhendar A., Weimer J. (2019) Feeding plant oil to ruminants is more competitive due to higher growth rate of microorganisms. *Microbiology.* V. 78. P. 27-35.
- Brown W. F., Kunkle W. E. (2018) Improving the feeding value of hay by anhydrous ammonia treatment. *Anim. Sci.* V. 12. p. 1-17.
- Chandra S., Givens D. (2018) Plant oils and other oil-containing fodder feeding to ruminant animals is good practice in early winter and late spring. *J. Agric. Sci.* V. 56. p. 114-125.
- Chaplin R. (2017) Experiments in straw handling. *J. Agric. Sci.* V. 178. p. 11-30.
- Cunningham F., Fung D., Hunt M. (2017) Supplementation of ammoniated wheat straw in wintering diets of gestating beef cows. *Agric. Experimental.* V. 19. p. 116.
- Debrecen K., Birken S. (2015) Rumenal microorganisms and their interaction with substrate in conditions of different fat additives feeding. *J. Anim. Sci.* V. 81 (2). p. 242-251.
- Doig B. (2018) Beef cow rations and winter feeding guidelines. *Saskatchewan Agriculture.* V. 82. p. 73-78.
- Febel H., Fekete S. (2018) Factors influencing microbial growth and the efficiency of microbial protein synthesis. *Acta Vet. Hung.* V. 44 (1). p. 39-56.
- Firkins J. (2017) Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. *J. Nutr.* V. 126 (4). p. 1347-1354.
- Fondevila M., Dehority B. (2011) Interactions between *Fibrobacter succinogenes*, *Prevotella ruminicola*, and *Ruminococcus flavefaciens* in the digestion of cellulose from forages. *J. Anim. Sci.* V. 74 (3). p. 678-684.
- Givens D. (2014) Nutritional characterisation of forages. *Grass Farmer.* V. 55. p. 10.
- Granner M., Cheddar K., Retons A. (2019) Microbial fatty acids retention processes in rumen under different feed diets and their influence on total VFA uptake in first-born cows. *J. Anim. Sci.* V. 31 (2). p. 188-195.
- Groleau D., Forsberg C. (2011) Cellulolytic activity of the rumen bacterium *Bacteroides succinogenes*. *Can. J. Microbiol.* Vol. 27. № 5. p. 517-30.
- Junqin C., Weimer J. (2010) Competition among three predominant ruminal cellulolytic bacteria in the absence or presence of non-cellulolytic bacteria. *Microbiology.* V. 147. p. 21-30.

- Kijora C., Simon O., Jacobi U. (2014) Nitrogen metabolism in the large intestine of ruminants. 3. Microbial utilization of intracecally administered 14C- and 15N-marked urea. *Arch. Tierernahr.* V. 36 (9). p. 839–850.
- Kononskiy A. I. (1998) *Biochemistry of animals* / A. I. Kononskiy // K.: Vyshcha shkola. 415 p.
- Kurylov A. P., Krotkova N. B. (1999) *Physiology and biochemistry of ruminant digestion*. M.: Kolos. 432 p.
- Lough A., Smith A. (2013) Influence of the products of phospholipolysis of phosphatidylcholine on micellar solubilization of fatty acids in the presence of bile salts. *Brit. J. of Nutr.* V. 35. p. 89–96.
- Ludden P. A. (2020) Effects of oscillating dietary protein on nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and gastrointestinal organ mass in sheep. *J. Anim. Sci.* Vol. 80. p. 3021–3026.
- MacLeod N. A., Orskov E. R., Atkinson T. (2014) The effect of pH on the relative proportions of ruminal volatile fatty acids in sheep sustained by intragastric infusions. *J. Agric. Sci.* Vol. 103. p. 459–462.
- Michalet-Doreau B. I., Fernandez G. A., Fonty A. I. (2020) Comparison of enzymatic and molecular approaches to characterize the cellulolytic microbial ecosystems of the rumen and the cecum. *J. Anim. Sci.* Vol. 80. p. 790–796.
- Miron J., Ben-Ghedalia D., Morrison M. (2020) Adhesion mechanisms of rumen cellulolytic bacteria. *J. Dairy Sci.* Vol. 84. p. 1294–1309.
- Moloney A. P., Woods V. B., O'Mara F. P. (2021) Characterisation of feedstuffs for ruminants report on a project. *J. Agric. Sci.* Vol. 108. p. 491–502.
- Pascale M., Gerard F., Gouet P. (2017) Competition Between Ruminal Cellulolytic Bacteria for Adhesion to Cellulose. *Current Microbiology*. Vol. 35. № 1. p. 44–47.
- Rivis Y. F., Skorokhid A. V., Protsyk Ya. M. (2004) Gas chromatographic determination of the level of individual volatile fatty acids in biological material. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten instytutu biolohii tvaryn.* Lviv. Vol. 5. № 3. p. 61–65.
- Vorobiev E. C. (2021) Effective use of green fodder by lactating cows. *Zootekhnika*. № 4. p. 30–32.
- Yan Shi L., Christine J., Weimer I. (2017) Competition for cellulose among three predominant ruminal cellulolytic bacteria under substrate-excess and substrate-limited conditions. *Applied and environmental microbiology*. Vol. 63. № 2. p. 734–742.

НАПРАВЛЕНІСТЬ БРОДИЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В РУБЦІ БУГАЙЦІВ ТА РІВЕНЬ У ЙОГО РІДИНІ ЛЕТКИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ РІЗНИХ ФОРМ КЛІТКОВИНОВІСНОГО КОРМУ

Андрій ШЕЛЕВАЧ, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Досліджена динаміка направленості бродильних процесів у рубці бугайців і рівень у ньому летких жирних кислот (ЛЖК) за згодовування різних форм клітковиновмісного корму. Встановлено, що загальна кількість ЛЖК, яка надходить з рубця в кров і тканини, суттєво впливає на енергетичне забезпечення організму жуйної тварини. Окремі ЛЖК, які надходять з рубця у кров і тканини, здатні впливати на направленість обмінних процесів і синтез окремих складових організму жуйної тварини. Показано, що вплив різних форм клітковиновмісного корму на направленість бродильних процесів у рубці та концентрацію ЛЖК в його рідині залежить від часу відносно початку годівлі бугайців. Встановлено, що різні форми клітковиновмісного корму регулюють направленість бродильних процесів в рубці бугайців за згодовування молодого траву та комбікорму, а також, що загальна кількість та вміст окремих ЛЖК в рубцевій рідині бугайців за згодовування молодого траву і комбікорму залежить від форми клітковиновмісного корму в раціоні.

Ключові слова: бродильні процеси, леткі жирні кислоти, рубець, клітковиновмісний корм, бугайці.

Отримано: 10.02.2023

Погоджено до друку: 23.02.2023



Наукові дискусії

У перший день весни 2023 року в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН відбулась робоча зустріч головного редактора наукового журналу "Передгірне та гірське землеробство і тваринництво" – академіка Влізла Василя Васильовича з науковцями Інституту. Обговорювались важливі питання щодо подачі авторами статей на належному науковому рівні. Між учасниками зустрічі зав'язалась цікава і плідна дискусія.

ОСОБЛИВОСТІ РАННЬОВЕСНЯНОГО І ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

В системах землеробства важливу роль відіграє ранньовесняний та передпосівний обробіток ґрунту, технологічними операціями якого проводиться розпушення верхнього шару, вирівнювання поверхні поля, забезпечується збереження вологи в орному та посівному шарах, знищення бур'янів, відбувається заробляння внесених добрив та формування сприятливих умов для рівномірної дружньої появи сходів й отримання високого врожаю.

Рано навесні, як тільки просохнуть гребні від основного (зяблевого) обробітку і можна увійти в поле, коли ґрунт не мажеться і не прилипає до ґрунтообробних знарядь, приступають до передпосівного розпушування. В першу чергу боронуванням закривають вологу на піщаних, супіщаних дерново-карбонатних, темно-сірих ґрунтах та опідзолених чорноземах. Боронування зябу проводять під кутом 10-45° або по діагоналі до зяблевої оранки. На ясно-сірих та сірих, дерново-підзолистих ґрунтах проводять глибоку культивуацію (12-14 см) без борін, що сприяє скорішому прогріванню і просушуванню ґрунту. Основним завданням ранньовесняного обробітку ґрунту є максимальне збереження вологи в ґрунті (не допущення просушування його верхнього шару). У випадку запізнення з проведенням ранньовесняного обробітку, особливо на легких ґрунтах, при настанні сухої і теплої погоди, за один день втрачається близько 60-80 і більше тонн води з одного гектара.



В подальшому приступають до передпосівного обробітку. Ґрунт до сівби повинен бути вирівняний і доведений до дрібногрудочкуватого стану на задану глибину. Посівний шар під зернові і зернобобові культури в основному (80%) повинен складатися із грудочок розміром 10-20 мм, під овочеві культури – відповідно 0,5-10 мм.

Наступні заходи передпосівного обробітку ґрунту здійснюють диференційовано в залежності від біологічних особливостей сільськогосподарських культур, ступеня окультуреності, типу ґрунту та погодних умов.

Відразу після боронування приступають до підготовки ґрунту під ярі зернові, однорічні трави, зернобобові. Передпосівну культивуацію з боронуванням проводять на глибину 4-5 см. За нестачі вологи застосовують передпосівне коткування. Його проводять у першу чергу на карбонатних, легких супіщаних, а також темно-сірих та опідзолених чорноземах і інших ґрунтах.

На окультурених карбонатних, легких піщаних, темно-сірих і опідзолених чорноземних ґрунтах, якщо в полі відсутні багаторічні бур'яни, замість передпосівної культивуації можна застосовувати комбіновані агрегати, до складу яких входять шлейф-борони, борони-ВНЦ-Р, райборінки і кільчасто-шпорові котки, а також важкі борони і ін. Добрі результати для передпосівного обробітку дає використання комбінованих агрегатів (РВК-3,6; ЛК-4 ін.).

Готуючи поле до сівби овочів, глибина загортання насіння яких становить 1,5-4 см, слід більш ретельно підготувати ґрунт. Тому, після закриття вологи, в стислі строки проводять передпосівний обробіток на глибину 2-3 см, використовуючи борони РВК, Європак, культиватори типу УСМК-5,4 в агрегаті з зубовими легкими боронами і шлейф-рейками. Також використовують агрегат "Україна" АПБ-6, який одночасно виконує ранньовесняний і передпосівний обробіток ґрунту.



Застосування комбінованих агрегатів дозволяє зменшити трудові й енергетичні затрати на 20-25% і своєчасно провести сівбу. За відсутності комбінованих агрегатів передпосівний обробіток проводять культиваторами (КПС-4) з важкими боронами в агрегаті з кільчасто-шпоровими котками.

Розрив між передпосівним обробітком і сівбою не повинен перевищувати однієї години.

Передпосівний обробіток ґрунту під картоплю потрібно проводити глибше. Якщо органічні добрива внесені під зяб, то навесні доцільно провести глибоке (14-16 см) розпушення ґрунту культиваторами без борін. У випадку, коли гній потрібно внести навесні, його приорюють на глибину 16-18 см. Передпосівну культивуацію з боронами проводять впоперек до садіння картоплі на глибину 12-14 см.

Під пізні культури, зокрема кукурудзу, рекомендується проводити дві культивуації з боронуванням на глибину 8-10 см та передпосівну культивуацію на глибину загортання насіння (5-6 см). Під пізні ярі, крім передпосівної культивуації, проводять ще одну-дві додаткові культивуації в міру появи сходів бур'янів. Для цього доцільно використовувати культиватори КПС-4 з стрілочними робочими органами, які розпушують ґрунт на однакову глибину і повністю підрізають бур'яни. Разом з культиватором КПС-4, залежно від механічного складу і вологості

грунту, потрібно використовувати борони, шлейфи і кільчасто-шпорові котки, що дає можливість одночасно провести культивування, боронування і вирівнювання поверхні поля.

При виборі технологій обробітку ґрунту (основного, ранньовесняного і передпосівного) в кожному господарстві повинен бути диференційований підхід з урахуванням біологічних особливостей культур, ґрунтово-кліматичних умов та технічного забезпечення.

Качмар О. Й., завідувач відділу землеробства і відтворення родючості ґрунтів ІСГКР НААН

ПРОБІОТИКИ У ГОДІВЛІ ЖУЙНИХ ТВАРИН

Пробіотики – це живі штами мікроорганізмів, які, потрапляючи в травний тракт тварин, продуктами своєї життєдіяльності оптимізують наявний у ньому кількісний і якісний склад мікробіоти та виявляють стимулюючий вплив на її метаболічну активність.

Найбільш використовуваними мікроорганізмами, які застосовують як пробіотики в годівельній практиці галузі тваринництва є: молочнокислі стрептококи, дріжджові грибки, біфідобактерії, непатогенні штами кишкової палички, бацили, ентерококи та лактобактерії. Пробіотичні препарати розділяють на окремі групи за агрегатним станом та технологією їх виготовлення. За агрегатним станом пробіотики поділяють на сухі й рідкі.



До сухих пробіотичних препаратів зараховують: таблетки, порошки, гранули та висушені культури мікроорганізмів. До рідких пробіотиків належать препарати у вигляді розчинів і суспензій, у яких мікроорганізми не були піддані ліофілізації.

Механізм біологічної дії пробіотичних препаратів в організмі жуйних тварин з'ясований лише частково, проте, як свідчать результати наукових досліджень останніх років, він складний і багатогранний. Встановлено, що метаболічна дія пробіотиків у травному тракті жуйних тварин значною мірою залежить від кількісного та якісного складу мікроорганізмів і технології виготовлення пробіотичних препаратів. Експериментально

доведено, що використання пробіотиків у раціонах годівлі жуйних тварин посилює бар'єрні функції клітин слизової оболонки кишечника шляхом активації процесів фосфорилування цитоскелетів їх білкових структур та стимулює секрецію слизу й хлоридів. Пробіотики володіють широким спектром антагоністичної активності щодо патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів у травному тракті тварин. Вони чинять позитивний вплив на перебіг обміну речовин в організмі тварин, який полягає у здатності пробіотиків знижувати проникність тканинних бар'єрів для токсинів, проявляти детоксикаційну дію щодо сполук, які утворюються в організмі господаря під впливом патогенів. Пробіотичні препарати на відміну від антибіотиків, які інгібують імунні функції в організмі, стимулюють синтез антитіл проти патогенів. Продукуючи біологічно активні речовини, пробіотики стимулюють у симбіотичній мікробіоті передшлунків і товстого кишківника синтез медіаторів, які активують функціонування травних процесів, діяльність печінки, серцево-судинної та кровоносної систем і таким чином позитивно впливають на метаболічні процеси в організмі жуйних тварин.

У молодняка жуйних тварин пробіотичні добавки здебільшого використовують з метою стабілізації мікробіоти товстого кишечника та профілактики діареї. У перші дні і тижні життя в передшлунках та товстому кишечнику телят, ягнят й козенят знижується чисельність лактобацил і біфідобактерій, тому збільшення їх надходження з кормами знижує можливість прилипання патогенних мікроорганізмів до слизової оболонки кишечника. Зокрема, використання пробіотичних добавок на основі лактобактерій у раціонах телят у молочний період живлення посилює їх імунний захист та інтенсивність росту й розвитку. Пробіотичні добавки на основі бактерій *Subtilis*, додані до раціону молочних телят, оптимізують у них гематологічні показники, покращують перетравність поживних речовин кормів, стимулюють їх ріст і розвиток.

У дорослих жуйних тварин, у період активного функціонування передшлунків, пробіотичні добавки використовують здебільшого з метою стимуляції засвоєння клітковини рубцевою мікробіотою і для цього вводять до складу раціонів переважно препарати, виготовлені на основі дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Такі добавки до раціонів тварин стабілізують кислотність рубцевого середовища, що дає змогу симбіотичним мікроорганізмам активно розщеплювати клітковину й знижувати бактеріями продукцію лактату й метану. Наукові дослідження засвідчили, що використання вказаних дріжджових



пробіотичних добавок у годівлі лактуючих жуйних тварин стимулює рубцеву ферментацію, істотно підвищує засвоєння клітковини та молочну продуктивність.

Введення пробіотичних добавок із вмістом дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* до раціонів великої рогатої худоби і овець, вирощуваних для виробництва м'яса, підвищує ефективність засвоєння поживних речовин кормів, збільшує середньодобові прирости тварин та живу масу перед забоєм, покращує харчові якості м'ясної продукції.

У підсумку слід зазначити, що використання пробіотичних добавок у раціонах годівлі жуйних тварин, активує метаболічні процеси у симбіотичної мікрофлори передшлунків і товстого кишківника, стимулює інтенсивність її розмноження, покращує засвоєння поживних біологічно активних і мінеральних речовин та поліпшує гомеостаз ліпідів і глюкози в організмі, підвищує їх продуктивні якості.

Пропозиції: Пропонуємо консультації щодо використання вітчизняних і зарубіжних пробіотичних препаратів у раціонах годівлі жуйних тварин.

Вовк С. О., доктор біологічних наук, професор, завідувач відділу дрібного тваринництва

ОСОБЛИВОСТІ ПІДЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ПІД УРОЖАЙ 2023 РОКУ

Своєчасний і якісний догляд за посівами озимих зернових культур залежно від потреб рослин – це основна умова формування врожайності та якості зерна.

Контроль за станом життєздатності озимих зернових культур протягом зимового періоду показав, що перезимівля рослин залежно від сорту і строків сівби становить 93,2–100 %, на даний час загибель рослин незначна (в межах 3,4–6,8 %) і лише на слабкорозвинених (3 листки) посівах пізніх строків сівби. Поряд з цим рослини вийдуть з зими ослабленими через перевитрати пластичних речовин (вуглеводів) внаслідок умов зимівлі.



Підхід до весняних підживлень має бути диференційований з врахуванням типу ґрунту, рівня елементів технології, застосованих восени, біологічних особливостей сортів та фактичного стану культур.

Одразу після відновлення вегетації необхідно провести обстеження посівів, яке дає змогу встановити загальний стан посівів, фазу розвитку рослин, густоту (кількість рослин/стебел на 1 м²), стан кореневої системи, площу поля з пошкодженими/зрідженими посівами.

Основним критерієм для визначення дози азотних добрив при першому (регенераційному) підживленні є кількість рослин на одиниці площі та їх розвиток. Ефективний строк в наших умовах – період активного росту протягом 10–15 днів після відновлення вегетації, коефіцієнт використання поживних речовин у цей час найбільший і сприяє кращому розвитку надземної поверхні і кореневої системи.

Розпочинати підживлення необхідно зразу ж після відновлення вегетації із слабше розвинених посівів (початок кушіння, 3–4 листки), але з нормальною густотою рослин, не менше 350–400 шт./м². Доза добрив залежно від сорту, рівня родючості ґрунту, агротехніки та інших умов може бути N_{45–60} (1,3–1,8 ц/га аміачної селітри, не більше 2 ц/га). Завершувати його доцільно на площах з кращим розвитком рослин (3–5 і більше пагонів) і густотою (450–500 шт./м²). Доза добрив N_{30–45} (0,9–1,3 ц/га аміачної селітри, до 1,5 ц/га).

У першому підживленні доцільно також враховувати і час відновлення весняної вегетації (ЧВВВ) рослин, тому що залежно від цього вони по-різному розвиваються. Раннє відновлення вегетації – до 28 березня (надраннє – до 1 березня, досить раннє – 1–14 березня, раннє – 15–27 березня); середньобогаторічна дата – 28 березня – 2 квітня; пізнє – після 2 квітня.

За раннього її відновлення (1 декада березня) переважають довгохвильові червоні промені, сприятливі для процесів росту й нагромадження біомаси, – відбувається вегетативний тип розвитку. Рослини мають більше часу для регенерації пошкоджених за зиму тканин, довше затримуються у фазі весняного кушіння, формують потужну вторинну кореневу систему. Слабка сонячна радіація та помірна температура сприяють формуванню кращого стеблостою та закладанню потужного колосу. У такі роки врожай високий. Раннє відновлення вегетації позитивно впливає на посіви пізніх строків сівби, які ввійшли в зиму в недостатньому розвитку (шильце – сходи – 2–3 листки). Вони залежать від цієї дати, бо за такого сценарію матимуть шанс завершити процеси росту й

розвитку. За пізнього відновлення вегетації (після 1 квітня) переважають короткохвильові сині промені високих енергій із стрімким підвищенням температур, рослини розвиваються за генеративним типом. Період регенерації, весняного кушіння, розвиток вторинної кореневої системи сильно зменшується. Озимина надто пізніх строків сівби (після 20.10) у цьому випадку сформує лише 1 стебло, вторинна коренева система не буде розвинута, скоротиться період утворення елементів продуктивності. У такі роки рівень урожаю знижується.

Озимі зернові, висіяні в оптимальні строки, які ввійшли в зиму з добре розвинутою вторинною кореневою системою та з 3–4 синхронно розвиненими пагонами не залежать від ЧВВВ.

Дозу азотних добрив за раннього відновлення вегетації рекомендуємо зменшити на 20–25 % від розрахункової норми, оптимального – залишити на її рівні, пізнього – збільшити.

При наявності дуже зріджених посівів озимих із слабким розвитком рослин, очевидно, доцільним буде проведення підсіву чи пересіву. Пересіву підлягають посіви пшениці озимої, в яких на 1 м² налічується менше 150 розкущених або 200–250 нерозкущених рослин. Доцільно ремонтувати посіви з густотою 150–200 розкущених або 250–300 нерозкущених рослин і площі, де рослини на період вегетації перебувають у фазі сходів – не менше 300 рослин/м².

Критичним періодом для озимої пшениці по забезпеченню азотом є кінець кушіння-початок виходу в трубку (ВВСН 29–30), у цей період припиняється утворення пагонів, відбувається диференціація основи колоса, азот сприяє виживанню колосonoсних стебел і рослини в цій фазі використовують його найінтенсивніше (40–50 % від розрахункової норми).

У цей час проводять друге – **продуктивне підживлення**, яке найбільше впливає на врожай зерна. Доза під інтенсивні сорти може складати N_{60–80} (1,8–2,3 ц/га аміачної селітри), напівінтенсивні – N_{30–45} (0,9–1,3 ц/га аміачної селітри). Але норму для цих підживлень необхідно уточнити за даними тканинної діагностики, бо це дозволить більш економно використати мінеральні добрива, тобто згідно потреб рослин.

Залежно від рівня технології наступні підживлення проводять з врахуванням використання продукції на конкретні цілі, зокрема продовольчі, хлібопекарські, тобто для покращення якості зерна.

Третє (якісне) підживлення проводять у період від початку фази колосіння до наливу зерна. Вносять решту азоту N₃₀. Внесення азоту у цей час впливає на тривалість активної діяльності прапорцевого листка, підвищує інтенсивність фотосинтезу, зростає маса 1000 зерен, врожайність зерна, покращує його якість.

У цей період доцільно застосувати позакореневе живлення карбамідом, карбамід-аміачною селітрою (КАС), водорозчинними комплексними добривами, стимуляторами росту у рекомендованих дозах залежно від потреб рослин.

Зазначені вище підходи до кількості підживлень озимих зернових культур по конкретних фазах розвитку рослин, видів та норм добрив можуть бути закладені у систему підживлень кожного господарства.

Фахівці Відділу технологій у рослинництві на постійній основі проводять моніторинг стану посівів зернових колосових культур і надають рекомендації з технологій їх вирощування.

Любов БЕГЕН, науковий співробітник відділу технологій у рослинництві ІСГКР НААН



ДО ПОСЛУГ АГРАРІВ

Послуги відділу землеробства і відтворення родючості ґрунтів.

Надання рекомендацій:

- щодо запровадження науково-обґрунтованих сівозмін;
- з ефективних технологій основного обробітку ґрунту;
- із застосування мінеральних, органічних, органо-мінеральних добрив
- використання удобрювальних препаратів нового покоління;
- щодо застосування соломи і сидеральних культур;
- з регулювання забур'яненості посівів сільськогосподарських культур;
- зниження ерозійних процесів на схилових землях;
- ведення землеробства на осушуваних землях.