

Український журнал природничих наук

Ukrainian Journal of Natural Sciences



Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний університет імені Івана Франка

Український журнал природничих наук

№ 9

Науковий журнал,
заснований у 2022 році



Видавничий дім
«Гельветика»
2024

Видається за рішенням вченої ради Житомирського державного університету імені Івана Франка
(протокол № 16 від 27.09.2024 року).

Головний редактор

Овчаренко Микола – габілітований доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, професор Інституту біології та охорони середовища Поморської академії наук (Слупськ, Республіка Польща)

Заступник головного редактора

Шелюк Юлія – доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Відповідальний секретар

Пацюк Марина – кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Члени редакційної колегії

Атасарал Шебнем – доктор наук, професор відділу розробки технології рибальства факультету морських наук Караденізького технічного університету (Трабзон, Турецька Республіка)

Балашова Галина – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу біотехнології, овочевих культур та картоплі, Інститут зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

Біляєва Ірина – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу маркетингу, трансферу інновацій та економічних досліджень Інституту зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

Боймуродов Хуснідін – доктор біологічних наук, професор кафедри біотехнології Самаркандського інституту ветеринарної медицини (Самарканд, Республіка Узбекистан)

Власенко Руслана – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Воловик Володимир – доктор географічних наук, доцент, професор кафедри географії Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (Вінниця, Україна)

Гарбар Олександр – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Жовнерчук Ольга – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України (Київ, Україна)

Зайонц Тадеуш – доктор біологічних наук, професор Інституту захисту природи Польської академії наук (Краків, Польща)

Киричук Галина – доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Кичкирук Ольга – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Корнійчук Наталія – кандидат біологічних наук, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Кусяк Наталія – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Кюрчев Володимир – доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН, радник ректора, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного (Мелітополь, Україна)

Лаврик Олександр – доктор географічних наук, професор кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Листван Віталій – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Малярчук Микола – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник відділу зрошуваного землеробства Інституту зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

Мудрак Галина – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (Вінниця, Україна)

Нестерчук Інна – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Оксентюк Ярослава – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри медико-біологічних дисциплін Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Островський Ілля – доктор філософії (біологія/лімнологія), професор, старший науковий співробітник Інституту Океанографії і Лімнології, Кінеретська лімнологічна лабораторія (Хайфа, Ізраїль)

Пілярска Олена – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу інноваційної діяльності, трансферу технологій та інтелектуальної власності, Інститут зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

Семенюк Наталія – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту гідробіології НАН України (Київ, Україна)

Сидоренко Сергій – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник лабораторії екології лісу, Українського ордена «Знак пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького Державного агентства лісових ресурсів України та НАН України (Харків, Україна)

Стадниченко Агнеса – доктор біологічних наук, професор кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Стунженас Вірмантас – доктор філософії (біологія і екологія), науковий співробітник лабораторії паразитології Центру дослідження природи Інституту екології (Вільнюс, Литовська Республіка)

Тітов Юрій – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

Томашик Василь – доктор хімічних наук, професор Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України (Київ, Україна)

Хом'як Іван – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Чайка Микола – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Чехній Віктор – кандидат географічних наук, старший науковий співробітник, учений секретар Інституту географії НАН України (Київ, Україна)

Чумак Володимир – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

Наукове періодичне видання

Український журнал природничих наук: науковий журнал / [гол. ред. Овчаренко Микола,
відп. ред. Шелюк Юлія]. Житомир: 2024. № 9. 346 с.

Реєстрація в Національній раді України з питань телебачення і радіомовлення (Рішення № 540 від 20.07.2023 р.).

Фахова реєстрація (категорія «Б»): Наказ МОН України № 491 від 27.04.2023 року (додаток 3)

Спеціальності: 091 Біологія, 101 Екологія, 102 Хімія, 106 Географія, 201 Агрономія;
(галузі науки: біологічні, хімічні, географічні, сільськогосподарські)

Сайт видання: naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns

Макетування: Молодецька О. І.

В усіх статтях збережено орфографію та пунктуацію авторів.

Підписано до друку 30.09.2024 р. Формат 60x90/8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 43,25. Тираж 300. Замовлення 1024/691

Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

ISSN: 2786-6335 print
ISSN: 2786-6343 online

© Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2024

Ministry of Education and Science of Ukraine
Zhytomyr Ivan Franko State University

Ukrainian Journal of Natural Sciences

№ 9

Scientific journal,
founded in 2022



Publishing House
"Helvetica"
2024

*Approved for publication by the Academic Council of Zhytomyr Ivan Franko State University
(protocol № 16 dated from 27.09.2024).*

Editor-in-chief

Ovcharenko Mykola – Doctor habilitatus of Sciences (Biology), Senior Researcher, Professor of Institute of Biology and Earth Sciences Pomeranian University in Słupsk (Słupsk, Republic of Poland)

Co-editor-in-chief

Shelyuk Yulya – Doctor of Sciences (Biology), Professor of Department of Botany, Biological Resources and Conservation of Biodiversity Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Executive Secretary

Patsyuk Maryna – PhD (Biology), Associate Professor of Department of Botany, Biological Resources and Conservation of Biological Diversity Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Members of the Editorial Board

Atasaral Şebnem – Doctor Sciences in Fisheries Technology Engineering, Assistant Professor of the Department of Fisheries Technology Engineering of Karadeniz Technical University (Trabzon, Turkey)

Balashova Halyna – Doctor of Sciences (Agricultural), Senior Researcher, Head of Biotechnology, Vegetables and Potatoes Department of Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

Biliaieva Iryna – Doctor of Sciences (Agricultural), Senior Researcher, Head of the Department of Marketing, Innovation Transfer and Economic Research of Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

Boymurodov Husniddin – Doctor of Sciences (Biology), Professor of Biotechnology Department of Samarkand Institute of Veterinary and Medicine (Samarkand, Uzbekistan Republic)

Vlasenko Ruslana – PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Volovyk Volodymyr – Doctor of Sciences (Geography), Professor of the Department of Geography Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine)

Harbar Oleksandr – Doctor of Sciences (Biology), Professor, Head of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Zhovnerchuk Olga – PhD (Biology), Senior Researcher of I. I. Schmalhausen Institute of Zoology NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

Zajac Tadeusz – PhD (Biology), Professor of the Institute of Nature Conservation of the Polish Academy of Sciences (Krakow, Poland)

Kyrychuk Halyna – Doctor of Sciences (Biology), Professor of Department of Botany, Biological Resources and Conservation of Biological Diversity Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Kychkyruk Olga – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Korniichuk Nataliia – PhD (Biology), Associate Professor of Department of Medical and Biological Bases of Physical Education and Sport Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Kusiak Nataliia – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Kyurchev Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dmytro Motomyi Tavria State Agrotechnological University (Melitopol, Ukraine)

Lavryk Oleksandr – Doctor of Sciences (Geography), Professor of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Lystvan Vitalii – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Maliarchuk Mykola – Doctor of Sciences (Agricultural), Senior Researcher of Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

Mudrak Halyna – PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)

Nesterchuk Inna – PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Oksentiuk Yaroslava – PhD (Biology), Senior Lecturer of Department of Medical and Biological Bases of Physical Education and Sport Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Ostrovsky Iliia – PhD (Aquatic Biology/Limnology), Professor, Senior Scientist of Israel Oceanographic and Limnological Research, Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory (Haifa, Israel)

Piliarska Olena – PhD (Agricultural), Senior Researcher, Head of the Department of Marketing, Innovation Transfer and Economic Research of Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

Semenyuk Nataliia – Doctor of Sciences (Biology), Senior Researcher of Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

Sydorenko Serhii – PhD (Agricultural), Senior Researcher Laboratory of Forest Ecology, Ukrainian order “Sign of Honour” Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky State Forest Resources Agency of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (Kharkiv, Ukraine)

Stadnychenko Agnesa – Doctor of Sciences (Biology), Professor of Department of Zoology, Biological Monitoring and Nature Conservation Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Stunžėnas Virmantas – PhD (Biology and Ecology), Senior researcher of Parasitology laboratory of the Nature Research Centre of the Institute of Ecology (Vilnius, Lithuania)

Titov Yuriy – Doctor of Sciences (Chemistry), Senior Research at Taras Shevchenko National University (Kyiv, Ukraine)

Tomashyk Vasyl – Doctor of Sciences (Chemistry), Professor of Lashkariov Institute of Semiconductor Physics, NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

Khomyak Ivan – PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Chayka Mykola – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Chekhniy Viktor – PhD (Geography), Senior Researcher, Scientific Secretary of the Institute of Geography of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

Chumak Volodymyr – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Scientific Periodical

Ukrainian Journal of Natural Sciences / [editor Ovcharenko Mykola, co-editor-in-chief Sheliuk Yuliia].
Zhytomyr: 2024. № 9. 346 p.

Registered by the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine (Decision No. 540 dated 20.07.2023).

Professional registration (category «B»): Decree of MES No. 491 (Annex 3) dated 27.04.2023

Specialties: 091 Biology, 101 Ecology, 102 Chemistry, 106 Geography, 201 Agronomy;
(fields of science: biological, chemical, geographical, agricultural)

Website: naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns
Modelling: Molodetska O. I.

Authors' spelling and punctuation are preserved in the articles.

Signed for printing 30.09.2024. Size 60x90/8. Offset Paper. Font Times New Roman
Risograph printing. Conventional printed sheets 43,25. Number of copies 300. Order 1024/691

Publishing House "Helvetica" 65101,
Ukraine, Odessa, 6/1 Inglizi St.
Telephone: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Certificate of a publishing entity ДК No 7623 dated 22.06.2022

ISSN: 2786-6335 print
ISSN: 2786-6343 online

© Zhytomyr Ivan Franko State University, 2024



УДК 635.15:631.5

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.28>

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОТЕНЦІАЛУ ЇЇ СИДЕРАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Я. Г. Цицюра¹

Відмічено, що сучасні системи удобрення орієнтовані на зростання частки використання біоорганічних ресурсів у формі сидеральної біомаси та інших альтернативних джерел біоорганіки. Це забезпечує гармонізацію агротехнологій вирощування основних культур з позиції екологізації системи удобрення та забезпечення наближених до природних процесів ґрунтозбереження та ґрунтореабілітації. За десятирічний період (2014–2023 рр.) проведено оцінку біопродуктивності редьки олійної за базовим критерієм коефіцієнту продуктивності кореневої системи із супутнім аналізом динаміка формування надземної фітомаси та кореневої біомаси з метою визначення потенціалу даного виду для використання у сидеральних варіантах технологій на ґрунтах невисокого потенціалу ґрунтових умов родючості (сірі лісові ґрунти). Оцінка динаміки наростання надземної листостеблової та кореневої біомаси редьки олійної як потенційного кандидата для системи сидеральних технологій засвідчила його значення на рівні 2,97–3,63 для весняного та 1,83–2,51 для літнього строку сівби за величини частки коренів у загальній біомасі на рівні 30–58%. Доведено адаптивність редьки олійної із можливістю формування диспаритетного співвідношення надземної біомаси за фізіологічно мінімальної величини сформованої маси коренів, що дозволяє рекомендувати редьку олійну як сидерат у варіантах літнього проміжного використання за зростання коефіцієнту аридності та зниження коефіцієнту зволоження відповідних сільськогосподарських регіонів. Визначено кореляційно-регресійну залежність у спряженому формуванні кореневої системи і надземної частини рослин із рівнем прямої залежності при детермінації зв'язку на рівні 70,4% для виходу сухої речовини та 83,7% для виходу у загальній сирій масі.

Ключові слова: біопродуктивність, надземна фітомаса, коренева біомаса, коефіцієнтів співвідношення, сидерація.

¹ кандидат сільськогосподарських наук, доцент
кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)
e-mail: yaroslavtsyura@ukr.net
ORCID: 0000-0002-9167-833X

PECULIARITIES OF FORMATION OF PRODUCTIVITY COEFFICIENT OF OILSEED RADISH ROOT SYSTEM FOR ASSESSMENT OF ITS GREEN MANURE USE POTENTIAL

Y. G. Tsytsiura

It is noted that modern fertilisation systems are focused on increasing the share of bioorganic resources in the form of green manure and other alternative sources of bioorganics. This ensures the harmonisation of agrotechnologies for growing major crops from the point of view of greening the fertilisation system and ensuring close to natural processes of soil conservation and soil rehabilitation. Over a ten-year period (2014–2023), the bioproductivity of oilseed radish was assessed by the basic criterion of the root system productivity coefficient with the accompanying analysis of the dynamics of aboveground phytomass and root biomass formation in order to determine the potential of this species for use in green manure technologies on soils with low potential of soil fertility conditions (grey forest soils). Assessment of the dynamics of growth of oil radish aboveground leaf and root biomass as a potential candidate for green manure technologies showed its value at the level of 2,97–3,63 for spring and 1,83–2,51 for summer sowing at the value of the share of roots in the total biomass at the level of 30–58%. The adaptability of oilseed radish with the possibility of forming a disparity ratio of aboveground biomass at the physiologically minimum value of the formed root mass was proved, which allows to recommend oilseed radish as a green manure in variants of summer intermediate use with an increase in the aridity coefficient and a decrease in the moisture coefficient of the corresponding agricultural regions. The correlation-regression dependence in the conjugate formation of the root system and the aboveground part of plants was determined with a level of direct dependence at the determination of the relationship at the level of 70,4% for the yield of dry matter and 83,7% for the yield in total crude weight.

Key words: bioproductivity, aboveground phytomass, root biomass, correlation coefficients, green manure.

Вступ

Сучасна світова практика агротехнологій вже тривалий час переосмислює основні підходи до регулятивних складових їх виробничої імплементації. Особливе місце займають зміни у системах удобрення зумовлені рядом причин, а саме: дефіцитом класичних органічних добрив; тенденцією до зростання цін на добрива; зниження ефективності їх використання зумовлене загальними дегредаційними процесами ґрунтового покриву, різким погіршенням екологічного стану агроєкосистем (Глушченко та ін., 2016). Всі ці фактори у результаті підсумку створюють умови для відмови від класичних схем удобрення та поступове і стає повернення до органо-мінеральних та біоорганічних систем різного характеру та складності. Людство все більше схиляється до системи удобрення із високим індексом екологізації (Гончарук та ін., 2020).

Серед заходів, які забезпечують досягненні оптимізованих варіантів екологізації удобрення виділяється сидерація як один із способів удобрення, який повністю імітує природно-системні методи агроєкологічного біоциклу органічної речовини від її синтезу у вигляді рослинної біомаси до поступового розкладу та утилізації за різноманітними біологічними схемами колообігу (Цицюра та

ін., 2022). Свідченням ефективності сидерації є її домінування у складі так званих органічних технологій вирощування на більшості континентів світу. Для сидерації використовується у агротехнологічній світовій практиці понад 250 видів рослин різного еколого-біологічного характеру та адаптивного потенціалу. Україна також має власний асортимент таких видів відпрацьованих у різних ґрунтово-кліматичних зонах за останніх 50 років (Шувар, 2015; Цицюра та ін., 2022; Green ..., 2023).

Особливості сидерації в українських технологічних та ґрунтово-екологічних реаліях описано у цілому ряді монографічних досліджень (Шувар, 2015; Писаренко та ін., 2016; Іванишин та ін., 2016; Дегодюк та ін., 2020; Цицюра та ін., 2022). Проте не дивлячись на таку вивченість, багато питань ефективності та доцільності сидерації як особливої парадигми землеробства залишаються невирішеними.

Одним із таких питань є двохстороння оцінка сформованої фітомаси сидерату як надземної, так і кореневої, оскільки більшість оцінок сидератів стосуються лише саме надземної фітомаси, яка розглядається як основне джерело зелених органічних добрив. При цьому коренева фітомаса оцінюється лише з позиції прогнозованої від-

носною кількістю за відомими коефіцієнтами співвідношення, які можливо втратили свою актуальність з позиції як зміни екологічного становища територій, так і з позиції глобальних кліматичних змін. По своїй суті ми не володіємо достатньою інформацією про співвідношення між обома формами сформованої фітомаси, а це значно звужує наше уявлення про потенціал культури певного виду як сидерату у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах та не дозволяє адекватно оцінити потенціал надходжень органіки у ґрунт.

Виходячи із цієї позиції, дослідження питання спряженої біопродуктивності надземної та підземної частин рослин сидератів у їх співвідношенні та морфопродуктивному аналізі є питанням, що потребує додаткового наукового узагальнення та аналізу, для гарантування розробки високоефективних сидеральних систем землеробства, направлених, у першу чергу, на ґрунтозбереження та ґрунтореабілітацію.

Програмою досліджень було передбачено проаналізувати у багаторічному вимірі коефіцієнт продуктивності кореневої системи однієї із перспективних видів, з позиції багатокритерійного використання у системі сидераційних технологій – редьки олійної (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.).

Матеріал і методи

Дослідження проводились впродовж 2014–2023 рр. на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету (N 49°11'31", E 28°22'16") на сірих лісових ґрунтах. Агрохімічний потенціал поля мав такі середньобогаторічні показники: вміст гумусу 2,68% легкогідролізованого азоту 81,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 176,1 мг/кг ґрунту, обмінного калію 110,8 мг/кг ґрунту, рН_{KCl} 5.8. У якості дослідного об'єкта було використано поширений у регіоні досліджень сорт редьки олійної Журавка. Це високоврожайний сорт комбінованого використання (листочестоблова маса та насіння). Укісна стиглість настає через 45–50 діб після сівби. Післяукісні посіви формують понад 300 ц/га високобілкової маси. У 100 кг листочестоблової маси міститься 12–16 к. о., 12–14% сухої речовини, 26–29% сирого протеїну. Зелена маса добре поїдається тваринами, широко використовується як сидерат. Сорт стійкий до посухи, середньостійкий до вилягання. Ураження хворобами середня (бактеріозом – 11,5%; переноспорозом – 3,5%).

Рекомендований для зон Степу і Лісостепу як олійний та кормовий. Занесений до реєстру сортів рослин України з 2000 року (Цицюра та ін., 2022).

Досліди закладались на неудобреному фоні при кількісній нормі висіву 2,5 млн. насінин/га (30–35 насінин на 1 погонний метр рядка) звичайним рядковим способом (міжряддя 15 см). Застосована норма висіву та ширина міжрядь відповідала варіанту кормово-сидерального використання редьки олійної за результатами комплексної оцінки віталітетної структури агроценозу (Tsytisura, 2020). За єдиних параметрів передпосівного конструювання агроценозу, вивчалися дві системи використання редьки олійної прийнятих у зоні досліджень у варіанті зайнятого пару (ранньовесняна сівба) та проміжний (літня сівба):

I. Система ранньовесняної сівби після проміжного обробітку у форматі культивування на глибину 8–10 см із вирівнюванням (перша-друга декада квітня) на фоні зяблевої оранки на 20–22 см при даті фенологічного досягнення оптимальної фази багатоконпонентного використання біомаси редьки олійної – фаза цвітіння (ВВСН 64–67) – на другу-третю декаду червня.

II. Система проміжного (літнього) використання за сівби відразу після збирання попередника з проміжним комбінованим обробітком ґрунту (плоскоріз + ротаційне розпушування із вирівнюванням) на глибину 12–14 см у другій-третьій декаді липня при даті фенологічного досягнення оптимальної фази багатоконпонентного використання біомаси редьки олійної – фаза цвітіння (ВВСН 64–67) – на другу-третю декаду жовтня.

Дослідні ділянки було сформовано у чотирьохразовій повторності методом дрібноділянкової рендомізації (загальна площа ділянки 35 м² облікова площа 25 м²). Феностадійний розвиток рослин редьки олійної реєстрували за шкалою ВВСН (Test Guidelines, 2017).

Облік надземної листочестоблової біомаси (ЛМ) рослин проводили на фазу повного цвітіння (ВВСН 64–67) у 4 рендомізованих ділянках методом пробних майданчиків площею 1 м² у кожному повторенні (16 ділянок у підсумку) з наступним зважуванням. Перед зважуванням та наступними польовими і лабораторними маніпуляціями із пробних снопів видалялись будь-які іншovidові домішки рослин. Фаза цвітіння була вибрана для обох варіантів сидерації як

така, яка є досяжною для обох варіантів та відповідає рекомендаціям щодо біофумігантного та сидерального використання редьки олійної в умовах нестійкого зволоження у різних ґрунтових зонах (Duff et al., 2020). Частина облікових ділянок вибиралась з умовою співпадання периметру обліку надземної біомаси із системою монолітного аналізу сформованих кореневих систем. Коефіцієнт продуктивності кореневої системи (КПКС) розраховували відповідно до Poorter et al. (2012) як відношення сирової (сухої) надземної біомаси рослин до маси сформованих коренів, а частку кореневих решток у загальній біомасі рослин визначали як відношення маси коренів до надземної маси рослини виражене у %.

Оцінка формування біомаси кореневої системи рослин редьки олійної проводили на аналогічну фенофазу, що й для оцінки формування надземної біомаси рослин методом монолітів (відповідно до методики Wahlström et al., 2015).

Вміст сухої речовини (СР) визначали шляхом висушування в сушильній шафі за температури 105 °С, а потім озолення висушеного зразка за температури 550 °С.

Аналіз погодних умов та рівня їх мінливості за період 2014–2023 рр. проводився на основі гідротермічного коефіцієнту (ГТК) (рівняння 1), індексу посушливості ($I_{\text{п}}$) (рівняння 2), коефіцієнту зволоження ($K_{\text{з}}$) (рівняння 3)

$$\text{ГТК} = \frac{\sum R}{0.1 \times \sum t_{>10}} \quad (1)$$

де: $\sum R$ – сума опадів (мм) за період з температурою вище 10 °С, $\sum t_{>10}$ – сума ефективних температур за той самий період

$$I_{\text{п}} = \frac{12P_{\text{оп}}}{T_{\text{сер.}} + 10}, \quad (2)$$

де $P_{\text{оп}}$ та $T_{\text{сер.}}$ – кількість опадів та середня температура повітря у відповідному місяці, відповідно.

$$K_{\text{з}} = \frac{P}{E} \quad (3)$$

де: $K_{\text{з}}$ – коефіцієнт зволоження; P – сума опадів за аналізований період, мм; E – випаровуваність за аналізований період.

Дані показників гідротермічного режиму вегетації представлено у таблиці 1.

Отримані дослідні дані піддавались загальноприйнятим статистичним та регресійно-кореляційним методам аналізу (Wong et al., 2018).

Результати

Як за весняного (табл. 2), так і за літнього строку сівби редька олійна показала

чутливу широку норму реакції на зміну гідротермічних умов зволоження. Цей вплив реалізовувався через істотну відмінність та варіативність біомаси як надземної, так і підземної частини рослин та відповідних супутніх співвідношень, Вищий рівень продуктивності надземної біомаси у середньому за період вивчення було визначено за весняного строку сівби 24,04 т/га за рівня міжрічного варіювання 30,55%.

Вихід біомаси коренів для цього ж строку були 8,70 т/га та 44,70%, За літнього строку сівби показники було відмічено на такому послідовному рівні 18,34 т/га (32,80%) та 5,50 т/га (38,95%). У підсумку загальна біопродуктивність редьки олійної (сума надземної та кореневої біомаси) за весняного строку сівби склала у сирій масі 32,74 т/га (34,06% міжрічної мінливості) та у сухій речовині 4,92 т/га (29,47%). Дані показники на 8.90 та 0.86 т/га нижчі у середньому для варіанту літнього строку сівби.

За отриманих показників біопродуктивності редьки олійної коефіцієнт продуктивності кореневої системи у виразі отриманої сирової біомаси у середньому за повний період вивчення склав 2,97 (20,33%) за весняного та 3,63 (33,69%) за літнього строку сівби. У еквіваленті сухої речовини ці показники становили 1,83 (22,82%) та 2,51 (33,53%).

При цьому зворотне співвідношення кореневої маси до надземної для весняного строку сівби було 0,35 у виразі сирової маси та 0,57 у виразі сухої речовини за рівня міжрічного варіювання 18,67–21,24%, Для літнього строку сівби дані показники були на рівні 0,30 і 0,43 та 22,98–23,63% відповідно. При цьому інертність росту надземної частини при зупиненні росту підземної також доведена. Це підтверджено зниженням рівня міжрічної варіації показника співвідношення біомаси коренів до біомаси надземної частини з коефіцієнтом 1,88 для весняного строку сівби та 1,54 для літнього строку сівби.

Вказана інертність, яка визначає збереження інтенсивності ростових процесів, за рахунок більш вираженої стресостійкості кореневої системи, дозволяє рослинам редьки олійної пристосовуватись до можливих середньотривалих періодів аридизації та забезпечувати формування надземної біомаси рослин на рівні 50% від середньобаторічного показника в роки із низьким значенням індексу посушливості ($I_{\text{п}}$) та коефіцієнта зволоження ($K_{\text{з}}$). До прикладу це характерно для умов 2015 року (див. табл. 1)

Таблиця 1

Показники гідротермічного забезпечення періоду вегетації редьки олійної сорту Журавка різних строків сівби, 2014–2023 рр.

Рік	Сума опадів, мм (IV-VI)	$t_{\text{сеп.}}^{\circ\text{C}}$ (IV-VI)	Місяці періоду вегетації											
			IV			V			VI					
			ГТК	$I_{\text{п}}$	K_3	ГТК	$I_{\text{п}}$	K_3	ГТК	$I_{\text{п}}$	K_3			
Весняний строк сівби														
2014	339,6	13,84	0,72	45,7	1,18	3,93	88,9	2,11	1,55	34,8	0,83			
2015	142,3	14,36	0,64	37,3	0,78	0,92	20,6	0,41	0,72	16,9	0,27			
2016	193,4	15,06	0,30	21,6	0,44	0,49	40,4	0,99	1,27	29,9	0,75			
2017	125,1	14,07	3,92	39,2	0,75	0,78	16,8	0,34	0,50	11,9	0,22			
2018	170,8	16,38	0,29	10,8	0,19	0,31	7,2	0,12	4,40	103,7	2,31			
2019	398,5	15,39	0,57	33,5	0,72	4,9	111,0	3,29	1,68	41,4	0,96			
2020	343,8	13,67	0,09	36,4	0,50	5,33	106,4	3,18	1,55	37,3	0,89			
2021	282,8	13,26	0,23	38,8	0,96	3,13	66,7	1,64	1,68	39,8	1,00			
2022	242,1	14,30	0,56	57,4	2,33	1,43	31,3	0,79	1,50	36,1	0,85			
2023	239,8	14,18	1,54	91,5	3,33	0,08	1,9	0,04	1,64	38,9	0,87			
Рік	Сума опадів, мм (VII-X)	$t_{\text{сеп.}}^{\circ\text{C}}$ (VII-X)	Місяці періоду вегетації											
			VII			VIII			IX			X		
			ГТК	$I_{\text{п}}$	K_3	ГТК	$I_{\text{п}}$	K_3	ГТК	$I_{\text{п}}$	K_3	ГТК	$I_{\text{п}}$	K_3
Літній строк сівби														
2014	250,8	15,4	1,31	32,7	0,77	1,05	26,0	0,51	1,25	25,7	0,56	1,77	35,8	0,93
2015	160,8	16,6	0,32	8,1	0,14	0,12	3,1	0,05	1,18	26,8	0,63	3,04	49,4	1,25
2016	212,7	15,6	1,06	26,5	0,55	0,90	22,0	0,43	0,01	2,5	0,05	0,55	63,4	2,45
2017	318,0	16,0	1,52	37,5	0,72	0,82	20,7	0,38	3,10	61,2	1,57	1,07	30,0	1,26
2018	273,4	16,4	2,16	53,4	1,63	0,59	14,6	0,30	1,38	27,2	0,71	0,87	27,6	0,95
2019	161,7	16,0	1,01	24,4	0,56	0,24	5,9	0,11	0,99	20,7	0,42	0,38	27,4	0,93
2020	245,4	17,6	0,59	14,7	0,31	0,53	13,2	0,22	0,86	27,5	0,54	2,54	60,6	3,05
2021	176,9	15,4	0,78	20,1	0,45	1,46	35,7	0,91	0,71	17,6	0,51	0,00	1,7	0,04
2022	436,6	16,0	0,90	22,4	0,58	1,71	43,1	1,06	4,96	98,1	2,60	3,17	51,4	1,50
2023	247,1	18,3	1,41	35,8	0,82	0,65	16,9	0,36	1,01	23,4	0,63	1,03	29,9	0,93

для обох строків сівби редьки олійної та для умов 2017 року для весняного строку сівби. Вказані процеси зниження темпів росту рослин редьки олійної прогнозовано будуть зростати за одночасного підвищення істотності відхилення від оптимуму як умов надземних, так і підземних режимів температури та зволоження. При цьому для редьки олійної можливий варіант інтенсивного формування кореневої біомаси за мінімальних темпів формування надземної що можливе вже при рівневі співвідношення частки коренів до частки вегетуючих частин у значенні вищим за 0,25. Це наглядно підтверджує візуалізація співставної залежності між підземною та надземною біомасою у загальному масиві даних за період досліджень (рис. 1). Зокрема встановлено отримання

позитивного числового значення надземної біомаси за нульового значення біомаси коренів а також відповідність абсцисного кроку графіка у 4 одиниці, яка відповідає аналогічному ординатному кроку у 15 одиниць для показників сформованої сирової біомаси рослин (Позиція А). Для цього ж показника у сухій речовині на 2 одиниці абсциси графіка припадає 3,5 одиниць ординатного положення (Позиція В). Тобто сила зв'язку знижується у випадку переведення біомаси на суху речовину, що підтверджується істотно нижчим значенням коефіцієнту кореляції (зниження 15,9% у співставленні до сирової біомаси) та є свідченням вираженої асинхронності між вмістом сухої речовини у надземній та підземній частинах біомаси рослин. При цьому вказана різниця зростає

Таблиця 2

Показники біопродуктивності редьки олійної за різних строків сівби на фазу цвітіння (ВВСН 64-67), 2014–2023 рр.

Показники	Роки обліків										НІР ^{0,5}
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
ЛМ, т/га	*33,49	20,11	21,29	15,22	13,89	35,75	30,88	24,12	21,18	24,48	1,39
	**22,21	9,49	21,05	23,79	23,12	10,11	11,29	16,22	24,77	21,39	1,29
Вміст СР у ЛМ, %	12,23	14,12	14,19	13,75	15,11	11,27	12,73	11,81	13,28	13,09	0,64
	15,17	17,52	15,97	14,27	14,91	17,15	16,08	16,83	13,43	15,75	1,11
ЛМ у СР, т/га	4,10	2,84	3,02	2,09	2,10	4,03	3,93	2,85	2,81	3,20	0,24
	3,37	1,66	3,36	3,39	3,45	1,73	1,82	2,73	3,33	3,37	0,27
КБМ, т/га	13,28	7,88	6,22	4,47	3,39	14,85	13,02	9,57	7,44	6,87	1,15
	6,59	1,39	5,77	7,21	5,52	3,58	3,09	6,49	8,03	7,33	0,60
Вміст СР у КБМ, %	20,42	23,12	21,73	22,84	23,95	20,68	19,84	19,09	21,47	21,11	0,88
	22,17	25,18	23,12	21,08	23,29	20,15	22,68	23,32	21,91	23,52	1,08
КБМ у СР, т/га	2,71	1,82	1,35	1,02	0,81	3,07	2,58	1,83	1,60	1,45	0,26
	1,46	0,35	1,33	1,52	1,29	0,72	0,70	1,51	1,76	1,72	0,13
КПКС (сиря маса)	2,52	2,55	3,42	3,40	4,10	2,41	2,37	2,52	2,85	3,56	0,62
	3,37	6,83	3,65	3,30	4,19	2,82	3,65	2,50	3,08	2,92	0,48
КПКС (суха речовина)	1,51	1,56	2,24	2,05	2,59	1,31	1,52	1,56	1,76	2,21	0,38
	2,31	4,75	2,52	2,23	2,68	2,40	2,59	1,80	1,89	1,95	0,32
Частка КБМ (сиря маса), %	28,39	28,15	22,61	22,70	19,62	29,35	29,66	28,41	26,00	21,91	1,05
	29,67	14,65	27,41	30,31	23,88	35,41	27,37	40,01	32,42	34,27	1,67
Частка КБМ (суха речовина), %	39,83	39,08	30,91	32,79	27,89	43,25	39,65	39,07	36,22	31,16	0,56
	43,36	21,05	39,68	44,77	37,29	41,60	38,60	55,44	52,89	51,17	3,56

* – за весняного строку сівби; ** – за літнього строку сівби.

за зміни строків сівби із весняних на літні (див. табл. 2). Отримані дані дають підстави стверджувати, що за оптимальних умов ґрунтового зволоження та живлення на фоні інтенсивного наростання середньодобових температур та певної тривалості відсутності опадів, редька олійна здатна зберігати високі темпи ростових процесів, що дозволяє використовувати її як проміжну культуру в умовах жарких циклів періодів між основними культурами сівозміни. Це ґрунтується як на високих значеннях прямого, так і оберненого співвідношення надземної та підземної біомаси рослин редьки олійної у досліді. Такий рівень співвідношення, особливо за зростання частки кореневої біомаси у загальній сухій біомасі рослин у середньому на 10,31–13,05% залежно від строків сівби – також засвідчив високу ймовірну позитивну реакцію рослин редьки олійної на додаткове мінеральне живлення та високу інтенсивність акумуляції основних елементів живлення у сформованій біомасі рослин.

Обговорення

Відповідно до представлених результатів біопродуктивності як у значенні виходу надземної, так і виходу кореневої біомаси на середньому рівні вище 20 т/га загальної сформованої біомаси (з огляду на складну динамічну систему варіювання гідротермічних умов періоду досліджень із загальною оцінкою від несприятливих до оптимальних) – редьку олійну можна віднести до високопродуктивних сидеральних культур з розвинутими адаптивними механізмами формування біомаси рослин, що узгоджується із градаціями оцінки для літніх різновидових культур проміжного та сидерального використання (Quintarelli et al., 2022). Це ж підтверджується співставленням отриманих даних з іншими широкоживаними хрестоцвітими культурами за сидерального їх використання (гірчиця біла, ярий і озимий ріпак, суріпиця яра і озима, тифон, редька кормова) з рівнем біопродуктивності надземної фітомаси в інтервалі 11–40 т/га та кореневої біомаси в інтервалі 5–25 т/га за

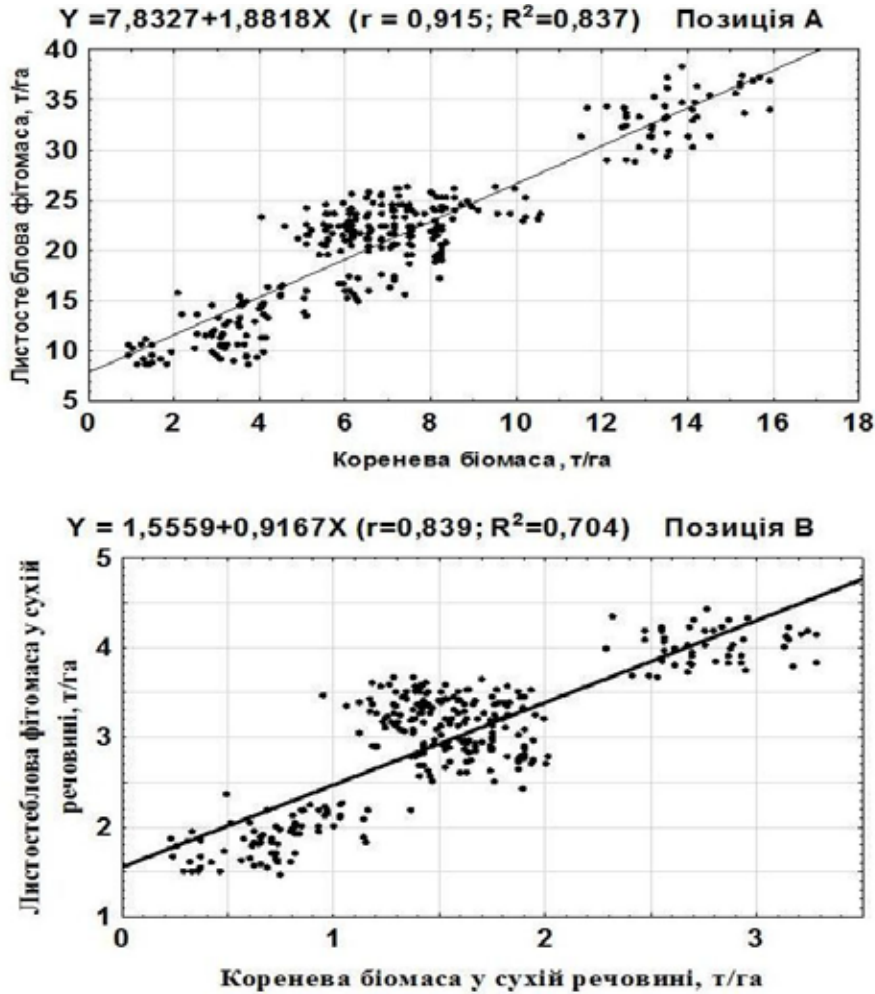


Рис. 1. Графічна інтерпретація залежності між сформованою надземною фітомасою та кореневою біомасою редьки олійної в усередненому масиві даних (роки-повторення-строки сівби), 2014–2023 рр.

різних ґрунтово-кліматичних умов (Ramirez-Garcia et al., 2015; Ugrenović et al., 2019; Safaei et al., 2022; Țiței, 2022).

Визначена частка кореневої маси у загальній фітомасі рослин на рівні 35–58% з огляду на дослідження Vlaha (2021) вказують на швидкі темпи росту рослин редьки олійної для обох частин рослин з паритетним розвитком надземної маси та наявності чутливої стрес реакції за погіршення ґрунтових умов з позиції зволоження, аерації тощо. А коефіцієнт варіації показника продуктивності кореневої системи на рівні 20,5–22,8% для сирової фітомаси рослин та 30,7–33,5% для фітомаси у сухій речовині на фоні мінливості ГТК на рівні 19,8% та коефіцієнту аридності на рівні 27,4% підтверджують можливість адаптації рослин редьки олійної до формування диспаратетно вищої надземної фітомаси за мінімально-необхідного формування величини кореневої фітомаси.

Це узгоджується із висновками Heuermann et al. (2019) на гірчиці білій у стресові роки її вегетації. Подібні дослідження Kemper et al. (2020) показали швидкі темпи укорінення редьки олійної з формуванням значної кореневої біомаси за вищих темпів цього процесу за зниження норми висіву при використанні редьки олійної як проміжної покривної чи сидеральної культури при коливанні частки кореневої біомаси у загальній фітомасі від 18 до 50%.

Слід відмітити також, що висока частка кореневої біомаси у загальній біомасі рослин редьки олійної у середньому за повний цикл досліджень (за весняного строку сівби 25.68% (міжрічне варіювання 14.19%) та 29.54% (23.63%) за літнього строку сівби) – вказує на користь високого рівня адаптації редьки олійної до умов ґрунтового живлення з позиції можливості отримання високих рівнів продуктивності на ґрунтах із невисоким агрохімічним

потенціалом. Це підтверджено дослідженнями Redin et al. (2018) та Lopez et al. (2023).

Висновки

Динаміка змін коефіцієнту продуктивності кореневої системи редьки олійної з огляду на високу ступінь міналивості гідротермічних умов вегетації вказує на високий прогнозований агротехнологічний потенціал редьки олійної щодо її використання

у якості сидеральної культури на ґрунтах із невисоким потенціалом умов ґрунтової родючості (сірі лісові ґрунти) як за весняних, так і за проміжних (літніх) строків сівби з гарантованим мінімумом отримання загальної сидеральної фітомаси у роки із екстремально несприятливими умовами за гідротермічним режимом на рівні 10–12 т/га у сирій та 2,0–2,4 т/га у сухій речовині.

Список використаної літератури

- Глуценко М.К., Крупко Г.Д. Особливості застосування сидерації та роль зелених добрив у підвищенні родючості ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2016. Вип. 3 (75). С. 173–178.
- Гончарук І.В., Ковальчук С.Я., Цицюра Я.Г., Лутковська С.М. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 478 с.
- Дегодюк С.Е., Дегодюк Е.Г., Проненко М.М., Ігнатенко Ю.О., Пипчук Н.М., Мулярчук А.О. Ефективність застосування відновлюваних місцевих ресурсів за органічного землеробства: науково-методичні рекомендації. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 48 с.
- Іванишин В.В., Роїк М.В., Шувар І.А., Центило А.В., Сендецький В.М., Бунчак О.М., Колісник Н.М. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи: науково-виробниче видання. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2016. 284 с.
- Писаренко В.М. Антонєць А.С., Лук'яненко Г.В. Система органічного землеробства агроєколого С.С. Антонця. Полтава, 2016. 131 с.
- Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Монографія. Вінниця : Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с.
- Шувар І.А. Сидерати в сучасному землеробстві. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 156 с.
- Bláha L. Importance of Root-Shoot Ratio for Crops Production: A Review. *Current Topics in Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 1. P. 37–49. <https://doi.org/10.9734/bpi/ctas/v1/12112D>.
- Duff J., van Sprang C., O'Halloran J., Hall Z. Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems. Horticulture Innovation through VG16068 Optimising cover cropping for the Australian vegetable industry. State of Queensland. Department of Agriculture and Fisheries. 2020. 40 p.
- Green Manure Global Market Report 2024. By Type (Leguminous, Non Leguminous), By Source (Dhaincha, Sesbania, Sunhemp, Other Sources), By Application (Grains And Cereals, Pulses And Oilseedseeds, Fruits And Vegetables, Other Applications) – Market Size, Trends, And Global Forecast 2024–2033. 2023. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/green-manure-global-market-report> (дата звернення 22.04.2022).
- Heuermann D., Gentsch N., Boy J., Schweneker D., Feuerstein U., Groß J., Bauer B., Guggenberger G., von Wirén N. Interspecific competition among catch crops modifies vertical root biomass distribution and nitrate scavenging in soils. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. № 1. e11531. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48060-0>.
- Kemper R., Bublitz T.A., Müller P., Kautz T., Döring T.F., Athmann M. Vertical root distribution of different cover crops determined with the profile wall method. *Agriculture*. 2020. Vol. 10. e503. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110503>.
- Lopez G., Ahmadi S.H., Amelung W., Athmann M., Ewert F., Gaiser T., Gocke M.I., Kautz T., Postma J., Rachmilevitch S., Schaaf G., Schnepf A., Stoschus A., Watt M., Yu P., Seidel S.J. Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. *Frontiers Plant Science*. 2023. Vol. 13. e1067498. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1067498>.
- Poorter H., Niklas K.J., Reich P.B., Oleksyn J., Poot, P., Mommer L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*. 2012. Vol. 193. P. 30–50. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>.
- Quintarelli V., Radicetti E., Allevato E., Stazi S.R., Haider G., Abideen Z., Bibi S., Jamal A., Mancinelli R. Cover Crops for Sustainable Cropping Systems: A Review. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. 2076. <https://doi.org/doi:10.3390/agriculture12122076>.

Ramirez-Garcia J., Gabriel J.L., Alonso-Ayuso M., Quemada M. Quantitative characterization of five cover crop species. *The Journal of Agricultural Science*. 2015. Vol. 153. № 7. P. 1174–1185. <https://doi.org/10.1017/S0021859614000811>.

Redin M., Recous S., Aita C., Chaves B., Pfeifer I.C., Bastos L.M., Pilecco G.E., Giacomini S.J. Root and shoot contribution to carbon and nitrogen inputs in the topsoil layer in no-tillage crop systems under subtropical conditions. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2018. Vol. 42. e0170355.

Safaei A.R., Rouzbehan Y., Aghaalkhani M. Canola as a potential forage. *Translational Animal Science*. 2022. Vol. 6. № 3. txac100.

Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Fodder Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). 2017. Geneva, 23 p.

Ťiței V. The quality of fresh and ensiled biomass from white mustard, *Sinapis alba*, and its potential uses. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022. Vol. 65. Issue 1. P. 559–566.

Tsytsiura Y.H. Modular-vitality and ideotypical approach in evaluating the efficiency of construction of oilseed radish agrophytocenoses (*Raphanus sativus* var. *oleifera* Pers.). *Agraarteadus*. 2020. Vol. 31. №2. P. 219–243. <https://doi.org/10.15159/jas.20.27>.

Ugrenović V., Filipović, V., Jevremović, S., Marjanović J.A., Popović, V., Buntić A., Delić, D. Effect of Brassicaceae as cover crops. *Selekcija i semenarstvo*. 2019. Vol. 25. № 2. P. 1–8. <https://doi.org/10.5937/SelSem1902001U>.

Wahlström E.M., Hansen E.M., Mandel A., Garbout A., Kristensen H.L., Munkholm L.J. Root development of fodder radish and winter wheat before winter in relation to uptake of nitrogen. *European Journal of Agronomy*. 2015. Vol. 71. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2015.07.002>.

Wong J. Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press, 2018. 589 p. <http://doi.org/10.1016/C2012-0-06451-4>.

References

Hlushchenko, M.K., & Krupko, H.D. (2016). Osoblyvosti zastosuvannya syderatsii ta rol zelenykh dobriv u pidvyshchenni rodiuchosti gruntiv [Peculiarities of green manure application and the role of green fertilisers in increasing soil fertility]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya [Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering]*, 3 (75), 173–178 [in Ukrainian].

Honcharuk, I.V., Kovalchuk, S.Ia., Tsytsiura, Ya.H., & Lutkovska, S.M. (2020). Dynamichni protsesy rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Dynamic processes of organic production development in Ukraine]. Vynnytsia : TOV «TVORY» [in Ukrainian].

Dehodiuk, S.E., Dehodiuk, E.H., Pronenko, M.M., Ihnatenko, Yu.O., Pypchuk, N.M., & Muliarchuk, A.O. (2020). Efektyvnist zastosuvannya vidnovliuvanykh mistsevnykh resursiv za orhanichnoho zemlerobstva: naukovy-metodychni rekomendatsii [Efficiency of the use of renewable local resources in organic farming: scientific and methodological recommendations]. Vynnytsia : TOV «TVORY» [in Ukrainian].

Ivanyshyn, V.V., Roik, M.V., Shuvar, I.A., Tsentylo, L.V., Sendetskyi, V.M., Bunchak, O.M., & Kolisnyk, N.M. (2016). Biologizatsiia zemlerobstva v Ukraini: realii ta perspektyvy: naukovy-vyrobnyche vydannia [Biologisation of agriculture in Ukraine: realities and prospects: a scientific and production publication]. Ivano-Frankivsk : Symfoniia forte [in Ukrainian].

Pysarenko, V.M., Antonets, A.S., & Lukianenko, H.V. (2016). Systema orhanichnoho zemlerobstva ahroekoloha S.S. Antontsia [Organic farming system by agroecologist S.S. Antonets]. Poltava [in Ukrainian].

Tsytsiura, Ya.H., Neilyk, M.M., Didur, I.M., & Polishchuk, M.I. (2022). Syderatsiia yak bazova skladova biologizatsii suchasnykh system zemlerobstva. Monohrafiia [Green manure as a basic component of biologisation of modern farming systems. Monograph]. Vynnytsia : Vydavets TOV «Druk» [in Ukrainian].

Shuvar, I.A. (2015). Syderaty v suchasnomu zemlerobstvi [Green manure in modern farming]. Ivano-Frankivsk : Symfoniia forte [in Ukrainian].

Bláha, L. (2021). Importance of Root-Shoot Ratio for Crops Production: A Review. *Current Topics in Agricultural Sciences*, 1, 37–49. <https://doi.org/10.9734/bpi/ctas/v1/12112D> [in English].

Duff, J., van Sprang, C., OHalloran, J., & Hall, Z. (2020). Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems. Horticulture Innovation through VG16068 Optimising cover cropping for the Australian vegetable industry. State of Queensland. Department of Agriculture and Fisheries [in English].

- Green Manure Global Market Report 2024. (2023). By Type (Leguminous, Non Leguminous), By Source (Dhaincha, Sesbania, Sunhemp, Other Sources), By Application (Grains And Cereals, Pulses And Oilseedseeds, Fruits And Vegetables, Other Applications) – Market Size, Trends, And Global Forecast 2024–2033. [Electronic resource]. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/green-manure-global-market-report> (access date 22.04.2022) [in English].
- Heuermann, D., Gentsch, N., Boy, J., Schweneker, D., Feuerstein, U., Groß, J., Bauer, B., Guggenberger, G., & von Wirén, N. (2019). Interspecific competition among catch crops modifies vertical root biomass distribution and nitrate scavenging in soils. *Scientific Reports*, 9 (1), e11531. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48060-0> [in English].
- Kemper, R., Bublitz, T.A., Müller, P., Kautz, T., Döring, T.F., & Athmann, M. (2020). Vertical root distribution of different cover crops determined with the profile wall method. *Agriculture*, 10, e503. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110503> [in English].
- Lopez, G., Ahmadi, S.H., Amelung, W., Athmann, M., Ewert, F., Gaiser, T., Gocke, M.I., Kautz, T., Postma, J., Rachmilevitch, S., Schaaf, G., Schnepf, A., Stoschus, A., Watt, M., Yu, P., & Seidel, S.J. (2023). Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. *Frontiers Plant Science*, 13, e1067498. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1067498> [in English].
- Poorter, H., Niklas, K.J., Reich, P.B., Oleksyn, J., Poot, P., & Mommer, L. (2012). Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193, 30–50. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x> [in English].
- Quintarelli, V., Radicetti, E., Allevato, E., Stazi, S.R., Haider, G., Abideen, Z., Bibi, S., Jamal, A., & Mancinelli, R. (2022). Cover Crops for Sustainable Cropping Systems: A Review. *Agriculture*, 12, 2076. <https://doi.org/doi:10.3390/agriculture12122076> [in English].
- Ramirez-Garcia, J., Gabriel, J.L., Alonso-Ayuso, M., & Quemada, M. (2015). Quantitative characterization of five cover crop species. *The Journal of Agricultural Science*, 153 (7), 1174–1185. <https://doi.org/10.1017/S0021859614000811> [in English].
- Redin, M., Recous, S., Aita, C., Chaves, B., Pfeifer, I.C., Bastos, L.M., Pilecco, G.E., & Giacomini, S.J. (2018). Root and shoot contribution to carbon and nitrogen inputs in the topsoil layer in no-tillage crop systems under subtropical conditions. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42, e0170355 [in English].
- Safaei, A.R., Rouzbehan, Y., & Aghaalikhani, M. (2022). Canola as a potential forage. *Translational Animal Science*, 6(3), txac100. <https://doi.org/10.1093/tas/txac100> [in English].
- Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Fodder Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). (2017). Geneva.
- Țiței, V. (2022). The quality of fresh and ensiled biomass from white mustard, *Sinapis alba*, and its potential uses. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 65 (1), 559–566 [in English].
- Tsytsiura, Y.H. (2020). Modular-vitality and ideotypical approach in evaluating the efficiency of construction of oilseed radish agrophytocenoses (*Raphanus sativus* var. *oleifera* Pers.). *Agraarteadus*, 31 (2), 219–243. <https://doi.org/10.15159/jas.20.27> [in English].
- Ugrenović, V., Filipović, V., Jevremović, S., Marjanović, J.A., Popović, V., Buntić, A., & Delić, D. (2019). Effect of Brassicaceae as cover crops. *Selekcija i semenarstvo*, 25(2), 1–8. <https://doi.org/10.5937/SelSem1902001U> [in English].
- Wahlström, E.M., Hansen, E.M., Mandel, A., Garbout, A., Kristensen, H.L., & Munkholm, L.J. (2015). Root development of fodder radish and winter wheat before winter in relation to uptake of nitrogen. *European Journal of Agronomy*, 71, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2015.07.002> [in English].
- Wong, J. (2018). Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press. <http://doi.org/10.1016/C2012-0-06451-4> [in English].

Отримано: 17.07.2024
Прийнято: 07.08.2024

ЗМІСТ

БІОЛОГІЯ

S. P. Beschasnyi, S. K. Semeniuk

Dynamics of non-heme iron content in myocardium and heme oxygenase activity under hyperergic conditions.....7

I. M. Bobyr, V. L. Bondarenko, O. S. Iungin

Optimization of culture media for industrial cultivation of the recombinant strain *Escherichia coli* BL21.....17

Л. М. Борсукевич

Характеристика екосистемних послуг вільхових лісів України..... 25

О. В. Машталер, А. О. Мікуліч, Ю. Б. Скляр

Онтогенетична та віталітетна структури ценопопуляцій видів роду *Lamium* L. в умовах м. Вінниця 37

С. В. Пида, І. В. Чернік, О. В. Тригуба

Динаміка вмісту фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. за впливу бактеріальних препаратів.....46

В. І. Юришинець, Н. Є. Семенюк, В. І. Щербак, О. А. Давидов, Е. Ш. Козійчук, Ю. С. Шелюк

Деякі актуальні проблеми застосування теорії метагрупувань при комплексному вивченні фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоперифітону континентальних водних екосистем.....56

ГЕОГРАФІЯ

Т. П. Безсмертнюк

Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва Луцького району Волинської області як об'єкти рекреації.....74

В. М. Воловик, О. Д. Лаврик

Лабіринт як елемент сакрального простору..... 87

ХІМІЯ

І. В. Єфімова, Й. О. Опейда, О. В. Смирнова, В. С. Толкунов

Реакції O_2^- вмісних супрамолекулярних комплексів з органічними субстратами..... 95

В. В. Листван, Н. В. Кусяк, О. Ю. Кичкирук

Синтез нових фосфорвмісних холестерилових естерів ацилюванням фосфонієвих солей.....105

К. А. Нестерова, О. І. Хижан, А. Г. Галстян

Визначення елементного складу водних об'єктів Київської області методом атомно-емісійної спектроскопії115

С. В. Писаренко, О. М. Камінський, Р. О. Денисюк, О. С. Євдоченко, О. В. Анічкіна, С. В. Авдєєв

Дослідження процесу адсорбції метиленового синього поверхнею калій титанату.....123

Г. В. Різак

Вивчення процесів ацилювання 2,4-діоксо- та 4-іміно-2-оксо-3-феніл-5-г-6-г'-тієно[2,3-d] піримідинів.....133

АГРОНОМІЯ

A. Borusiewicz, Ł. Pisarek

Impact of small wind turbines on the surrounding and agricultural environment.....140

I. M. Didur, H. V. Pantsyрева, A. B. Holovanuk, V. M. Kovalchuk Study of varietal technology of soybean growing in the conditions of climate change.....	150
V. L. Karachun, I. V. Lebedynskyi Economic efficiency of cultivation of indeterminate hybrids of cherry tomatoes in winter greenhouses of the steppe area of Ukraine.....	159
В. М. Безкоровайний, В. В. Мойсієнко Формування врожайності та якості насіння ріпаку озимого залежно від гібридів і способів сівби в умовах Лісостепу Правобережного.....	169
Т. Ю. Биндич, С. Р. Трускавецький, О. І. Шерстюк Сучасні підходи до ґрунтового дешифрування даних космічної зйомки як інформаційної основи збалансованого землеробства.....	179
О. В. Василенко, В. В. Фещенко, О. П. Чубко, Н. О. Гнатюк Диверсифікація господарств у напрямку вирощування нішевих культур – елемент стратегії адаптації до змін клімату.....	191
О. А. Васильєв, С. І. Бурикїна, В. А. Руденко, Н. І. Сауляк, Н. В. Пиляк Вплив біофунгіцидів на фітосанітарний стан насіння ячменю ярого.....	200
О. О. Вінюков, О. М. Бутенко, О. Б. Бондарева, Р. С. Вискуб Визначення оптимальних строків сівби пшениці туранської (<i>Triticum turanicum</i> Jakubcz.) в умовах східної частини Північного Степу України.....	211
О. І. Врадїй, А. В. Салямон Вплив розташування лісів на агрохімічні показники родючості ґрунту в агроєкосистемі.....	218
Я. М. Гадзало, Р. А. Вожегова, Я. О. Лікар Якість сортів сої за біологізації елементів технології вирощування на зрошенні півдня України...226	226
А. А. Засуха Вплив десикантів на вологість, урожайність зерна та побічної продукції кукурудзи.....	235
У. М. Карбівська, О. Д. Турак, А.Г. Майданський Вплив удобрення на врожайність та якість <i>Solanum Lycopersicum</i> L. в умовах прикарпаття.....	247
У. М. Карбівська, Г. М. Соловей, Т. В. Пронюк, В. М. Димид Вплив удобрення на вміст елементів у рослинах люпину вузьколистого в умовах Прикарпаття...254	254
Т. П. Костина, Ю. О. Куманська, Н. С. Дубовик, В. Я. Сабадин Оцінка технологій гербіцидного захисту та моніторинг фітопатогенного стану гібридів соняшнику в центральному Лісостепу України.....	261
Я. Г. Цицюра Особливості формування коефіцієнту продуктивності кореневої системи редьки олійної для оцінки потенціалу її сидерального використання.....	271
О. Ф. Чечуй, В. Ю. Крикунова Активність ключових ензимів азотного метаболізму та вміст поліфенолів <i>Triticosecale</i> L. за дії рідких комплексних препаратів.....	281
ЕКОЛОГІЯ	
H. V. Hutsol, O. V. Mazur Peculiarities of bee protein production and intensity of its contamination with ¹³⁷ Cs and ⁹⁰ Sr in the conditions of honey-growing lands of the Forest-Steppe and Polissya.....	293
Н. М. Доленчук Фактори накопичення важких металів у організмах риб.....	305

**Н. О. Кануннікова, О. Г. Гайдучок, Р. С. Томашевський, Б. В. Воробйов,
Г. О. Князева, А. О. Сакун, О. В. Шестопапов**

Сучасний стан водних ресурсів басейну Дніпра у порівнянні з річками інших країн..... 314

Т. М. Коткова, Ю. С. Шелюк, Л. Є. Астахова

Видове різноманіття флори і фауни в зоні планової діяльності підприємства
з випалювання деревного вугілля ТОВ «ЕкоКарбекс» с. Радичі Житомирського району
Житомирської області 323

І. В. Хом'як, І. П. Онищук, О. В. Медвідь, І. Г. Пацева, О. І. Хом'як

Вплив скиду зворотних вод Шамраївського родовища гранітів на фіторізноманіття долини
річки Роставиця.....331