



АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ



АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

№ 24



Видавничий дім
«Гельветика»
2024

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1553 від 09.05.2024 року. Ідентифікатор медіа R30-04609.

Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») зі спеціальностей 101 «Екологія», 201 «Агрономія», 202 «Захист і карантин рослин» відповідно до Наказу МОН України від 26.11.2020 № 1471 (додаток 3); зі спеціальностей 051 «Економіка», 203 «Садівництво, плодоовочівництво та виноградарство» відповідно до Наказу МОН України від 25.10.2023 № 1309 (додаток 4).

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (протокол № 10 від 30 квітня 2024 року).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Вожегова Раїса Анатоліївна – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Члени редакційної колегії:

Антощенкова Віталіна Володимирівна – доктор економічних наук, доцент, доцент кафедри глобальної економіки, Державний біо-технологічний університет;

Афанасьєва Оксана Геннадіївна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії фіто-патології, Інститут захисту рослин Національної академії аграрних наук України;

Барсукова Олена Анатоліївна – кандидат географічних наук, доцент, Одеський державний екологічний університет;

Бойченко Еліна Борисівна – доктор економічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу геоінформаційних технологій, агроекологічних і економічних досліджень, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Височанська Марія Ярославівна – доктор економічних наук, старший дослідник, заступник директора з наукової роботи та інноваційного розвитку, Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України;

Вольвач Оксана Василівна – кандидат географічних наук, доцент, Одеський державний екологічний університет;

Грановська Людмила Миколаївна – доктор економічних наук, професор, завідувач відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Гришова Інна Юріївна – доктор економічних наук, професор, помічник директора з міжнародної діяльності, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Гуторов Олександр Іванович – доктор економічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу геоінформаційних технологій, агроекологічних і економічних досліджень, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Домарацький Євгеній Олександрович – доктор сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет;

Сгорова Тетяна Михайлівна – доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник, доцент кафедри екології, Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України;

Засць Сергій Олександрович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу кліматично орієнтованих агротехнологій, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Ковальова Ірина Анатоліївна – доктор сільськогосподарських наук, директор, Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України;

Косенко Надія Павлівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Лавриненко Юрій Олександрович – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Ломовських Людмила Олександрівна – доктор економічних наук, професор, професор кафедри глобальної економіки, Державний біотехнологічний університет;

Ма Сянфей (Ma Xiangfei) – доктор філософії, професор, Ханчжоуський університет Діанзі (Hangzhou Dianzi University, Ханчжоу, Китай);

Петрзак Стефан (Pietrzak Stefan) – доктор наук, професор, завідувач відділу якості води, Технологічний та природничий інститут (Рашин, Польща);

Пілярська Олена Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач відділу маркетингу та міжнародної діяльності, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Стригун Олександр Олексійович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії ентомології та стійкості сільськогосподарських культур проти шкідників, Інститут захисту рослин Національної академії аграрних наук України;

Хандакар Рафік Іслам (Khandakar Rafiq Islam) – доктор наук, старший науковий співробітник, доцент, Державний університет Огайо, (Огайо, США);

Чугай Ангеліна Володимирівна – доктор технічних наук, професор, декан природоохоронного факультету, Одеський державний екологічний університет;

Шебаніна Олена Вячеславівна – доктор економічних наук, професор, декан факультету менеджменту, Миколаївський національний аграрний університет;

Яковенко Роман Володимирович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри плодівництва і виноградарства, Уманський національний університет садівництва.

У журналі подаються результати наукових досліджень теоретичного та практичного характеру з питань аграрних наук і продовольства. Висвітлено елементи системи землеробства, обробіток ґрунту, удобрення, раціональне використання поливної води, особливості ґрунто-тотвірних процесів. Приділено увагу питанням кормовиробництва, вирощування зернових, картоплі та інших культур, створення нових сортів і гібридів, біотехнологій, економіки виробництва.

Науковий журнал «Аграрні інновації» розрахований на науковців, аспірантів, спеціалістів сільського господарства.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Адреса редакційної колегії:

Видавничий дім «Гельветика»

м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1

Телефон: +38 (050) 835 07 12

e-mail: info@agrarian-innovations.izpr.ks.ua

www.agrarian-innovations.izpr.ks.ua

ЗМІСТ

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО	7
Алексєєв О.О., Врадій О.І., Кравцов Д.С. Екологічна оцінка діяльності підприємств з переробки вторинних відходів на довкілля.....	7
Базиленко Є.О., Марченко Т.Ю. Біометричні показники інноваційних гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних строків сівби в умовах Північного Степу.....	15
Бердін С.І., Мурач О.М., Колісник О.М., Триус В.О. Врожайність сої в залежності від схем передпосівної обробки насіння різнодіючими біологічними препаратами.....	24
Васильковська К.В. Системний аналіз агророботів в сільськогосподарському виробництві.....	31
Вожегова Р.А., Шабля О.С., Книш В.І., Косенко Н.П., Кокойко В.В. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку галузі баштанництва в Україні.....	37
Войтко А.В. Біометричні показники рослин пшениці м'якої ярої залежно від фону мінерального живлення та систем захисту.....	44
Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О. Оптимізація технології вирощування сортів сої на поливних землях залежно від інокуляції насіння та захисту рослин.....	53
Гончар М.В. Динаміка виробництва нуту в Україні та світі.....	60
Желдубовський М.С., Ярошук С.В., Дубовик І.І. Вплив строків сівби на формування показників структури врожаю пшениці озимої.....	67
Карачун В.Л. Вплив різних комерційних гібридів підщеп на біометричні показники рослин, врожайність і якість плодів гібриду помідора Мерліс в зимових теплицях.....	73
Карашук Г.В., Казанок О.О. Продуктивність сортів картоплі весняного строку садіння залежно від регуляторів росту рослин в умовах зрошення Півдня України.....	82
Ковальов М.М., Васильковська К.В., Крижанівський В.Г. Вплив крапельного зрошення на засвоєння елементів живлення при вирощуванні <i>Fragaria ananassa</i>	88
Леус В.В., Муленок Я.О. Способи прорідження зав'язі інтенсивних насаджень яблуні сорту Ерлі Ред Ван (Ерован) в умовах Лівобережного Лісостепу України.....	96
Мащенко Ю.В., Соколовська І.М., Кулик Г.А. Біотехнологічний напрямок вирощування пшениці озимої залежно від сівозмінного фактору в умовах Степу України.....	101
Панцирева Г.В., Ковальчук В.М. Дослідження елементів технології вирощування сої на основі мобілізаційних агропідходів за природніх процесів ґрунтово-імобілізаційного характеру.....	107
Пащенко Н.О., Циліорик О.І., Лядська І.В. Продуктивність сучасних сортів винограду столового при вирощуванні у закритому ґрунті.....	113
Полуніна О.В., Чаплюцький А.М. Архітектоніка кореневої системи двопрвідникових саджанців яблуні залежно від способу створення провідників і розміщення у ряду.....	118
Попова О.П., Кулик М.І. Вплив позакореневої обробки посівів на врожайність біомаси сорго цукрового.....	123
Рибак О.С., Пацева І.Г. Міське огородництво на даху – екологічне подолання продовольчої кризи в урбанізованому середовищі.....	135
Ткачук О.П., Бондарук Н.В. Поширення хвороб у посівах соняшнику залежно від удобрення.....	141
Фурманець О.А., Крайна М.А., Бортник І.М. Продуктивність гібридів соняшнику на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся на прикладі селекції Pioneer.....	146
Цицюра Я.Г. Особливості формування кореневої системи та кореневої біомаси редьки олійної залежно від агротехнологічних параметрів конструювання її ценозу.....	151
Чигрин О.В., Воропай Ю.В., Шащук В.А. Урожайність різних гібридів соняшника залежно від норми висіву.....	160
СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО	166
Буняк Н.М., Буняк О.І. Трансгресії біометричних ознак у гібридів F ₂ ячменю ярого голозерного.....	166

Кириленко В.В., Судденко Ю.М., Дубовик Н.С., Гуменюк О.В., Мурашко Л.А., Лось Р.М., Замліла Н.П., Сабадин В.Я. Вплив попередників і строків сівби на посівні якості насіння у північно-східній частині Лісостепу України.....	174
Косенко Н.П., Книш В.І., Шабля О.С., Кокойко В.В., Бондаренко К.О. Оцінка зразків дині за стійкістю до УФ-В опромінення при створенні нових стресотолерантних сортів для Півдня України.....	183
Лозінський М.В., Філіцька О.О., Устинова Г.Л., Зінченко С.В., Самойлик М.О. Трансгресивна мінливість кількості зерен головного колоса у популяцій F_2 і F_3 пшениці м'якої озимої.....	189
Лядська І.В., Цилюрик О.І., Пащенко Н.О. Реалізація генетично обумовленої продуктивності суниці в умовах закритого ґрунту.....	196
Окселенко О.М., Назаренко М.М. Цитогенетична мінливість у сучасних сортів пшениці озимої.....	201
Рисін А.Л., Демидов О.А., Вологдіна Г.Б., Гуменюк О.В., Пикало С.В. Трансгресивна мінливість в популяціях F_2 , F_3 пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності в умовах Лісостепу України	206
Тищенко А.В., Степанов С.С., Тищенко О.Д., Коновалова В.М., Очкала О.С. Аналіз гібридів соняшника середньостиглої групи за різних умов зволоження на Півдні України.	214
Хорошун І.В., Назаренко М.М. Врожайність та якість зерна нових сортів пшениці озимої в умовах Півночі Степу.....	227
СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО	232
Герасимчук Л.О., Пацева І.Г., Валерко Р.А. Гуманітарне розмінування України.....	232
НАШІ ЮВІЛЯРИ	239
60 років з дня народження Грабовецької Ольги Анатоліївни.....	239

CONTENTS

MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE	7
Aliksieiev O.O., Vradii O.I., Kravtsov D.S. Environmental assessment of the activities of secondary waste processing enterprises.....	7
Bazilenko E.O., Marchenko T.Yu. Biometric indicators of innovative corn hybrids of different FAO groups at different sowing times in the conditions of the Northern Steppe.....	15
Berdin S.I., Murach O.M., Kolisnyk O.M., Tryus V.O. Soybean yield depending on the schemes of pre-sowing treatment of seeds with different-acting biological preparations.....	24
Vasytkovska K.V. System analysis of agricultural robots in agricultural production.....	31
Vozhehova R.A., Shablia O.S., Knysh V.I., Kosenko N.P., Kokoiko V.V. The current state, problems and prospects for the development of the melon industry in Ukraine.....	37
Voytko A.V. Biometric parameters of spring wheat plants depending on the background of mineral nutrition and defense systems.....	44
Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Likar Ya.O. Optimization of soybean cultivation technology on irrigated lands depending on seed inoculation and plant protection.....	53
Honchar M.V. Dynamics of production chickpeas in Ukraine and world.....	60
Zheldubovskiy M.S., Yaroshchuk S.V., Dubovyk I.I. The influence of sowing dates on the formation of indicators of the structure of the winter wheat harvest.....	67
Karachun V.L. Influence of different commercial hybrid rootstocks on biometric indicators and fruit yield and quality of hybrid Merlis tomato in winter greenhouses.....	73
Karashchuk G.V., Kazanok O.O. The productivity of potato varieties planted in spring depending on plant growth regulators under irrigation conditions in Southern Ukraine.....	82
Kovalov M.M., Vasytkovska K.V., Kryzhanivskiy V.G. The effect of drip irrigation on the assumption of nutrient elements in the cultivation of <i>Fragaria ananassa</i>	88
Leus V.V., Mulenok Ya.O. Ways of thinning the ovary of intensive plantings of apple trees of the Early Red One (Erovan) variety in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	96
Mashchenko Yu.V., Sokolovska I.M., Kulyk G.A. Biotechnological direction of winter wheat cultivation depending on the crop rotation factor in the conditions of the Steppe of Ukraine.....	101
Pantsyрева H.V., Kovalchuk V.M. Study of the elements of soybean cultivation technology based on mobilization agro-approaches under natural soil-immobilization processes.....	107
Paschenko N.O., Tsyliuryk O.I., Liadska I.V. Modern table grapes varieties productivity under cultivation in closed soilless system.....	113
Polunina O.V., Chaploutskiy A.M. Architectonics of a root system of young bi-axis apple trees depending on the formation of axes and their placement in the row.....	118
Popova O.P., Kulyk M.I. The effect of foliar treatment of crops on the yield of sugar sorghum biomass.....	123
Rybak O.S., Patseva I.G. Urban gardening on the roof is an ecological solution to the food crisis in an urbanized environment.....	135
Tkachuk O.P., Bondaruk N.V. Spread of diseases in sunflower crops depending on fertilizer.....	141
Furmanets O.A., Kraina M.A., Bortnyk I.M. Productivity of sunflower hybrids on sod-podzolic soils of Western Polissia on the example of Pioneer selection.....	146
Tsytsyura Ya.G. Features of formation of the root system and root biomass of oil radish depending on agrotechnological parameters of its cenosis design.....	151
Chygryn O.V., Voropai Yu.V., Shashchuk V.A. Yield of different sunflower hybrids depending on seeding rate.....	160
BREEDING, SEED PRODUCTION	166
Bunyak N.M., Bunyak O.I. Transgressions of biometric traits in hullless spring barley F ₂ hybrids.....	166
Kyrylenko V.V., Suddenko Yu.M., Dubovyk N.S., Humeniuk O.V., Murashko L.A., Los R.M., Zamlila N.P., Sabadyn V.Ia. The influence of predecessors and sowing dates on the sowing qualities of seeds in the northeastern part of the Forest-Steppe of Ukraine.....	174

Kosenko N.P., Knych V.I., Shablia O.S., Kokoiko V.V., Bondarenko K.O. Evaluation of melon samples for resistance to UV-B radiation in the selection of new stress-tolerant varieties for the South of Ukraine.....	183
Lozinskyi M.V., Filitska O.O., Ustynova H.L., Zinchenko S.V., Samoilik M.O. Transgressive variability of the number of grains of the main spike in F ₂ and F ₃ populations of soft winter wheat.....	189
Liadska I.V., Tsyliuryk O.I., Paschenko N.O. Realization of genetically determined strawberry productivity under conditions of closed soilless system.....	196
Okselenko O.M., Nazarenko M.M. Cytogenetic variability among modern winter wheat varieties.....	201
Rissine A.L., Demydov O.A., Volohdina H.B., Humeniuk O.V., Pykalo S.V. Transgressive variability in F ₂ , F ₃ populations of winter bread wheat for productivity traits in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine.....	206
Tyshchenko A.V., Stepanov S.S., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Ochkala O.S. Analysis of sunflower hybrids of the mid-ripening group under different moisture conditions in the South of Ukraine.....	214
Khoroshun I.V., Nazarenko M.M. Yield and grain quality of new winter wheat varieties under the conditions of the Northern Steppe.....	227
PAGE OF A YOUNG SCIENTIST	232
Herasymchuk L.O., Patseva I.H., Valerko R.A. Humanitarian demining of Ukraine.....	232
OUR ANNIVERSARY CELEBRANTS	239
60 years since the birth of Hrabovetska Olha Anatoliivna.....	239

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ТА КОРЕНЕВОЇ БІОМАСИ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУЮВАННЯ ЇЇ ЦЕНОЗУ

ЦИЦЮРА Я.Г. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-9167-833X
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Коренева система будь-якої рослини з позиції її просторового розвитку, глибини проникнення, фізіологічного стану та інтенсивності процесів поглинання води і поживних речовин є визначальною у забезпеченні реалізації як життєвої стратегії рослин, так і їх біопродуктивності. Інтенсивність формування просторової архітектоники рослин у структурі агроценозу в свою чергу залежить від багатьох чинників, основним із яких є індивідуальна площа живлення рослин, агрофізичні параметри ґрунтового профілю, рівень мінерального живлення, потенціал родючості ґрунту, особливості формування гідротермічного режиму основного корневмісного шару ґрунту [1]. При цьому вказується [2–5], що розвиток кореневої системи у структурі розміщення рослин на площі живлення лімітується загальним рівнем конкурентного впливу рослини на рослину, а також такими важливими агрофізичними параметрами ґрунтового профілю як щільність, загальна і капілярна пористість.

Зменшення площі живлення рослин, у наслідок закономірного процесу мінуатюризації органогенезу у рослинних організмів однорічного циклу розвитку, формує в основному три типи реакції – зростання глибини проникнення [6], істотне зменшення загальної біомаси коренів пропорційне зменшенню надземної маси рослин [7], зміна загальних векторів просторового галушення за рахунок появи атипових форм кореневої системи, диспропорційного галушення, асиметричних форм розміщення бічних коренів [8]. Сам характер такої реакції у свою чергу визначається ботаніко-біологічними характеристиками даного виду рослин, рівнем адаптивних пристосувань організму до відповідних умов росту і розвитку [4]. При цьому істотність змін у морфогенезі розвитку кореневої системи рослин однорічного циклу розвитку посилюється при комбінованому поєднанні зменшення індивідуальної площі живлення рослин на фоні повної відсутності його коректування за рахунок внесення додаткових норм мінеральних добрив, або ж напаки за рахунок надмірного удобрення (це формує виражений диспаратет між розвитком кореневої та надземної біомаси рослин, що у підсумку формує багаторівневий та невіривняний за морфологічним розвитком агроценоз з широким інтервалом норми реакції) [9].

Погодні умови також впливають на морфогенез формування кореневої системи традиційних однорічних сільськогосподарських культур [10]. Дефіцит ґрунтового та атмосферного зволоження знижуючи інтенсивність ростових процесів адекватно для надземної та кореневої частин рослин зумовлює зниження загального

лінійного росту та інтенсивності радіального галушення для більшості культур із зон достатнього та нестійкого зволоження [8]. Крім того загальні періоди аридизації періоду вегетації певних видів рослин на фоні відповідних характеристик ґрунтового покриву, зумовлюючи інтенсивне зростання щільності ґрунту, кіркоутворення, формування глибокої структури ґрунтового корневмісного профілю – негативно відображається на ростових процесах і глибині проникнення кореневої системи як головних, так і бічних її осей [11].

Повідомляється, що регулюванням відповідних технологічних параметрів конструювання агроценозу сільськогосподарських культур однорічників, можна формувати відповідну архітектонику їх корневих систем, а отже і впливати на загальні ростові процеси надземної біомаси, рівні зернової (насіневої) продуктивності та істотно поліпшувати ефективність фізіологічної взаємодії між кореневою системою та надземними органами рослин [12].

З іншого боку, сьогодні питання оцінки ефективності конструювання агроценозів сільськогосподарських рослин однорічного циклу розвитку з огляду на закономірності морфогенезу корневих систем є маловивченим, що відкриває шлях до наукового пошуку та узагальнення. Саме тому, робочою гіпотезою наших досліджень було виявлення закономірностей істотності змін окремих показників морфогенезу кореневої системи рослин редьки олійної за широкого інтервалу змін їх площі живлення та додаткового мінерального удобрення.

Матеріали та методика досліджень. 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 середньобагаторічні 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 дослідженнях було використано три сорти редьки олійної (Журавка, Райдуга та Либідь). За встановленої подібності у формуванні показників поставлених на вивчення у статті представлено усереднені результати для трьох вивчаємих сортів. Строк сівби для всіх варіантів досліду ранньовесняний (перша–друга декада квітня) на фоні зяблевої оранки на 20–22 см та проміжного обробітку у форматі культивування на глибину 8–10 см із вирівнюванням. Схема досліду представлена у табл. 1.

Облік основних морфологічних показників кореневої системи проводили для глибини ґрунтового профілю у 30 см (варіант вивчення за неповним ґрунтовым про-

філем) відповідно до загальнорекомендованих методик [13–18]. Обліковували наступні показники для головного кореня у складі загальної архітектури кореневої системи редьки олійної: діаметр кореня у верхній та нижній частинах (мм) відповідно в інтервалі обліку по профілю 0–30 см для мітки 1–3 та 27–30 см), умовну площу бічної поверхні кореня (см²) та умовний об'єм кореня (см³), кількість бічних галузень кореня (шт.), середня маса кореневої системи рослин (г). Для визначення умовної площі та об'єму кореня рослин застосовано модель зрізаного конуса з констатними формулами для детермінації даних параметрів, якому з математичними складовими та з огляду на ряд досліджень [5, 19] найбільш відповідає головний корінь ряду видів хрестоцвітних культур. Для обліку використано як метод обробки сканованих та фотозображень корневих систем (використовували сканер CanoScan LIDE 700F з відповідним програмним забезпеченням), так і електронний штангенциркуль Digital Caliper (точність вимірювання 0,01 мм), метод USB-мікроскопії з використанням Sigeta CMOS 5100 5.1 MP USB 2.0 з відповідним програмним забезпеченням.

Облік морфометрії корневих систем проводили на фенологічну фазу цвітіння (ВВСН 64–67) відповідно до строків рекомендованого сидерального використання біомаси редьки олійної [20].

В обліку параметрів кореневої системи було застосовано метод монолітів. Моноліти формували з вертикального профілю ґрунту на попередньо підготовлених місцях де було застосовано «Profile Wall Method» [2, 21]. В аналіз було включено два рядки рослин із глибиною охоплення до 10 рослин відповідно до густоти кінцевого стояння на дату обліку у чотирьохразовому повторенні для вагового структурного аналізу корневих систем. Монолітні елементи відбирались по загальному профілю в 30 см з кроком в 10 см. Для цього застосовувались металічні короби із загостреними кромками із відкритим верхом (совковий тип, товщина стінок 3 мм) розміром 30 см×33,3 см × 10 см (обліковий об'єм ~0.01 м³).

Для обрізки монолітного прошарку по зовнішній фронтальній стінці застосовували вертикальну загострену пластину з аналогічного матеріалу розміром 10 см× 34 см× 0.3 см. Завдяки такому відбору стінки моноліта ущільнювались природнім шляхом. Кожний

відібраний мікромоноліт маркувався відповідно до порядку його профільного відбору розпочинаючи із поверхні профілю, пакувався у герметичні пакети для відбору. Відмивання коренів із монолітів проводили в лабораторії.

Для промивної сепарації застосовувалась колонка решіт розміщених у порядку зменшення розміру комірок (сіта лабораторні дрітної сітки ткані (відповідно до технічних умов України ТС 14–4–507–99): 4,0 мм, 2,0 мм, 1,0 мм, 0,5 мм та 0,25 мм. Решетна сепарація супроводжувалась застосуванням додаткової подачі води для більш ретельного відмивання. Відмиті та відібрані кореневі рештки зважувались на лабораторних вагах (3100 г/0.01 г) WALCOM LB3002.

Місця аналізів ґрунтового профілю попередньо відмічались і підтримувались із початкових етапів вегетації редьки олійної в абсолютно чистому від бур'янів стані (за рахунок постійного ручного прополювання) для уникнення біологічного засмічення коренями рослин інших видів рослин.

Отримані дослідні дані піддавались базовій математичній обробці із використанням загальнозживаних показників варіаційної статистики [22].

Узагальнююча оцінка гідротермічних режимів періоду вегетації редьки олійної у межах років досліджень представлена у таблиці 2. Враховуючи оптимальні параметри для ростових процесів рослин редьки олійної відповідно до наших попередніх багаторічних оцінок [20] роки досліджень було розміщено у наступному порядку зростання сприятливості ростових процесів: 2018–2021–2022–2023–2020–2019.

Результати досліджень. За нашими попередніми багаторічними оцінками [20] у редьки олійної корінь стрижневий (рис. 1–2), біля кореневої шийки потовщений в діаметрі до 2–3 см, має витягнуто-конусоподібну форму. Потовщення може сягати і більших значень до 4–6 см і визначається строками посіву та площею живлення рослин. Глибина проникнення кореня залежить від механічного складу ґрунту: на легких ґрунтах до 60–80 см, а на більш важких – 50–60 см. Основна маса коренів розміщується на глибині 25–30 см, що слід враховувати в агротехніці культури. Найбільш інтенсивний ріст кореневої системи редьки олійної спостерігається від фази розетки до фази бутонізації. Результати обліку мор-

Таблиця 1

Загальна схема досліду з особливостей формування морфогенезу рослин редьки олійної за різного конструювання її агрофітоценозу

Розміщення рослин за рахунок співвідношення норми висіву (фактор В – млн схожих насінин/га) до способу сівби (фактор С – звичайний рядковий спосіб (15 см), широкорядний спосіб (30 см))		Норми добрив (фактор D) ^{*,**} , кг/га
4,0 (1,67 (B ₁) × 15 (C ₁))	2,0 (6,67 (B ₁) × 30 (C ₂))	N ₀ P ₀ K ₀ (D ₁)
3,0 (2,22 (B ₂) × 15 (C ₁))	1,5 (3,33 (B ₂) × 30 (C ₂))	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ (D ₂)
2,0 (3,33 (B ₃) × 15 (C ₁))	1,0 (2,22 (B ₃) × 30 (C ₂))	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (D ₃)
1,0 (6,67 (B ₄) × 15 (C ₁))	0,5 (1,67 (B ₄) × 30 (C ₂))	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (D ₄)
Умови року: 2018–A ₁ , 2019–A ₂ , 2020–A ₃ , 2021–A ₄ , 2022–A ₅ , 2023 – A ₆		
Схема комбінацій варіантів	A ₁₋₆ × B ₁₋₄ × D ₁₋₄	Загальна кількість комбінацій (N = 192)

* – відстань в рядку, см; ** – ширина міжрядь, см; *** – допосівне внесення.

фометрії коренів редьки олійної за умовного відособлення головної осі та ігнорування бічних галузень 3–5 порядків, що відповідає принципам визначення сформованих лінійних та вагових параметрів відпо-

відно до [12, 15] – засвідчили істотний вплив вичаємих припосівних параметрів формування агрофітоценозу на морфологічно-ваговий розвиток кореневої системи рослин редьки олійної (табл. 3).

Таблиця 2

Показники гідротермічного забезпечення періоду вегетації редьки олійної, 2018–2023 рр. (період від посіву до фази цвітіння (ВВСН 64–67))

Рік	Сума опадів, мм (IV–VI)	t _{сєр.} , °C (IV–VI)	Місяці періоду вегетації								
			IV			V			VI		
			ГТК	I _п	K _з	ГТК	I _п	K _з	ГТК	I _п	K _з
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

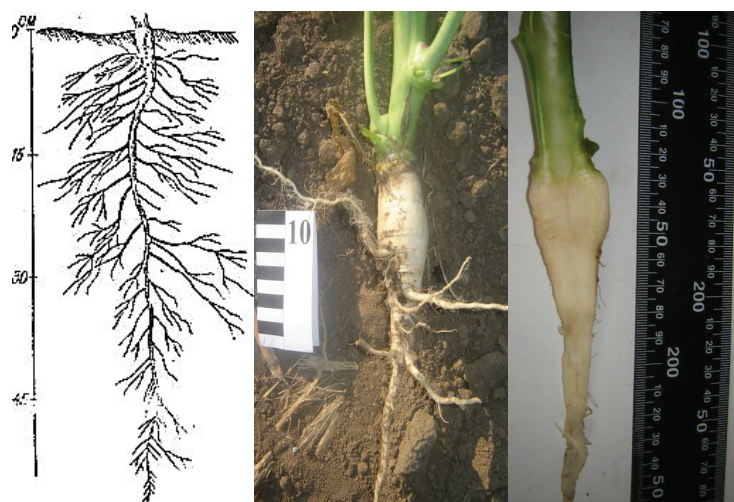


Рис. 1. Коренева система редьки олійної сорту Журавка на фазу цвітіння, 2014, 2020 (крайня ліва позиція загальна просторова структура кореневої системи редьки олійної згідно [20])



Рис. 2. Зліва: варіаційний ряд розвитку кореневого потовщення рослин редьки олійної сорту Журавка залежно від норми висіву (зліва – направо 3, 2, 1,5, 0,5 млн шт./га схожих насінин; справа: характер розвитку кореневої системи в рослин відібраних з площі 0,25 м² для сорту Райдуга за норми висіву 1,5 млн шт./га схожих насінин з внесенням N₆₀P₆₀K₆₀, 2019 р.)

Таблиця 3

Узагальнені морфологічні індивідуальні показники кореневих систем редьки олійної на фазу цвітіння (ВВСН 64–67) залежно від технологічного варіанту побудови агрофітоценозу для товщини ґрунтового профілю 30 см, (середнє за 2018–2023 рр.)

Норма висіву (млн шт./га схожих насінин) (С), спосіб сівби (В)	Добрива (D)	Середнє для трьох сортів (Журавка, Райдуга, Либідь)					
		діаметр кореня, мм		Умовна площа бічної поверхні кореня (S _n), см ²	Умовний об'єм кореня (V _к), см ³	Кількість бічних галу-жень, шт	Середня вага кореня (m _к), г (x ± SD)
		верхня частина (d ₁)	нижня частина (d ₂)				
4,0, рядковий	1*	8,14	3,11	73,86	21,72	–	1,38 ± 0,19
	2	8,29	3,17	77,09	22,87	–	1,52 ± 0,21
	3	8,38	3,24	81,99	24,16	–	1,55 ± 0,25
	4	8,21	3,14	81,20	23,40	–	1,49 ± 0,21
3,0, рядковий	1	8,51	3,18	82,00	25,12	–	2,89 ± 0,51
	2	8,74	3,22	87,10	26,82	–	2,98 ± 0,52
	3	8,85	3,29	91,26	28,22	–	3,09 ± 0,54
	4	8,72	3,23	92,28	27,84	0,5	3,11 ± 0,59
2,0, рядковий	1	9,87	3,26	95,88	33,46	0,8	4,88 ± 0,83
	2	9,92	3,29	99,97	34,75	1,3	5,11 ± 0,85
	3	10,05	3,31	103,40	36,02	1,5	5,19 ± 0,87
	4	10,11	3,38	107,19	37,28	1,5	5,35 ± 0,89
1,0, рядковий	1	12,52	4,45	133,16	59,56	1,8	8,52 ± 1,35
	2	12,59	4,58	139,94	62,55	1,9	8,78 ± 1,44
	3	12,71	4,67	146,43	65,54	2,1	9,09 ± 1,55
	4	12,97	4,74	155,90	70,47	2,3	9,39 ± 1,69
2,0, wide-row	1	12,15	4,59	127,23	55,21	1,4	3,19 ± 0,66
	2	12,42	4,81	136,91	59,82	1,6	3,58 ± 0,73
	3	12,88	5,09	150,13	67,61	1,6	4,06 ± 0,79
	4	13,24	5,28	158,67	72,89	1,8	4,51 ± 0,82
1,5, широко-рядний	1	16,29	6,36	184,60	107,99	1,9	5,68 ± 1,24
	2	16,65	6,59	204,58	120,27	2,2	6,03 ± 1,32
	3	16,81	6,71	217,31	126,76	2,4	6,91 ± 1,39
	4	16,97	6,91	234,04	137,02	2,5	7,21 ± 1,45
1,0, широко-рядний	1	19,39	6,87	228,46	156,65	2,4	9,15 ± 1,57
	2	19,74	6,97	242,17	165,74	2,7	9,59 ± 1,62
	3	20,25	7,17	257,37	179,06	2,9	10,32 ± 1,82
	4	20,55	7,39	266,60	186,91	3,2	10,62 ± 2,07
0,5, широко-рядний	1	21,59	7,91	282,11	206,46	3,3	15,25 ± 3,18
	2	22,08	8,15	297,98	221,23	3,5	15,96 ± 3,24
	3	23,51	8,33	321,13	249,99	3,7	16,49 ± 3,31
	4	24,11	8,92	345,37	275,04	3,9	17,18 ± 3,39

* – 1 – без добрив, 2 – N₃₀P₃₀K₃₀, 3 – N₆₀P₆₀K₆₀, 4 – N₉₀P₉₀K₉₀.

Продовження табл. 3

HIP ₀₅	d ₁	d ₂	S _n	V _к	m _к	Частка впливу, %	d ₁	d ₂	S _n	V _к	m _к
HIP ₀₅ A	1,01	0,72	6,20	2,51	1,07	A	19,35	20,18	20,76	22,72	16,71
HIP ₀₅ B	1,15	0,75	6,11	2,32	1,03	B	28,89	29,11	29,34	16,13	24,64
HIP ₀₅ C	0,92	0,62	3,16	2,44	1,06	C	24,39	24,25	28,03	31,32	29,59
HIP ₀₅ D	0,78	0,47	3,16	2,44	1,06	D	16,51	15,58	10,31	16,34	19,60
HIP ₀₅ AB	1,09	0,68	10,30	2,75	1,11	AB	1,98	2,15	1,52	0,24	0,27
HIP ₀₅ AC	0,98	0,71	8,42	3,10	1,17	AC	1,79	1,93	1,40	0,48	0,38
HIP ₀₅ AD	0,98	0,71	8,42	3,10	1,17	AD	0,67	0,78	0,50	0,16	0,21
HIP ₀₅ BC	1,07	0,77	7,24	2,68	1,09	BC	3,25	2,96	5,24	7,69	4,20
HIP ₀₅ BD	1,07	0,77	7,24	2,68	1,09	BD	1,56	1,25	1,39	0,63	0,91
HIP ₀₅ CD	1,11	0,81	6,30	2,89	1,13	CD	0,98	1,02	1,06	3,35	2,90
HIP ₀₅ ABC	1,20	0,73	12,60	4,14	1,25	ABC	0,52	0,71	0,23	0,16	0,12

Продовження табл. 3

$HIP_{0.5}$ ABD	1,20	0,73	12,60	4,14	1,25	ABD	0,05	0,03	0,06	0,01	0,01
$HIP_{0.5}$ ACD	1,34	0,62	13,85	4,20	1,36	ACD	0,02	0,03	0,06	0,08	0,07
$HIP_{0.5}$ BCD	1,07	0,71	10,49	3,62	1,20	BCD	0,02	0,01	0,08	0,67	0,37
$HIP_{0.5}$ ABCD	1,29	0,79	18,20	4,29	1,52	ABCD	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02

Встановлено, що зміна ширини міжрядь мала позитивноформуючий характер на морфометрію кореневої системи – усереднений індекс росту у співставленні звичайного рядкового та широкорядного способу сівби для показника діаметру кореня у верхній частині (d_1) склав 1,82 для діаметру кореня у нижній частині (d_2) 1,88, для умовної площі бічної поверхні кореня (S_n) 2,22, для умовного об'єму кореня (V_k) 3,28 та середньої ваги кореня (m_k) 1,96. Застосування мінеральних добрив мало також позитивний вплив на величину даних показників. У середньому для варіанту у межах норми висіву та способу сівби $N_{90}P_{90}K_{90}$ (D_1) вказані показники склали такий ряд значень 13,56 мм, 4,97 мм, 150,91 cm^2 , 83,27 cm^3 та 6,37 г. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ (D_2) усереднений приріст морфологічних параметрів кореневої системи склав 4,73%, за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ (D_3) – 10,24% та за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ (D_4) – 14,75%. Отримані результати узгоджуються із показниками результатів дисперсійної обробки та проведенням факторним аналізом у виразі частки впливу факторів дослідження. У порядку вагомості даного впливу їх можна розмістити у наступному динамічному ряду: мінеральні добрива (15,67% частка впливу за головним компонентом) – гідротермічні умови періоду вегетації (19,94%) – спосіб сівби

(25,62%) – норма висіву (27,52%). При цьому слід відмітити високий рівень варіювання облікових показників у межах кожного із комбінацій варіантів. Так, для норми висіву 4,0 млн. шт./га схожих насінин коефіцієнт варіації діаметру стебла становив 27,8%, відповідно умовних параметрів площі та об'єму на рівні 26,9–33,5%. В міру збільшення площі живлення однієї рослини ступінь варіювання зростала і повідношенню до варіанту з нормою висіву 0,5 млн. шт./га її величина залежно від показника зростала на 6,3–8,9%, що узгоджується із висновками щодо віталітетної тактики рослин редьки олійної у агроценозах різної щільності [20]. На основі цього доведено спільні особливості розвитку архітекtonіки кореневих систем редьки олійної у співставленні до таких культур як ріпак ярий і озимий [2, 5], гірчиця біла [24] та дикі види хрестоцвітних [25] згідно яких у межах орного горизонту кореневі системи хрестоцвітних видів в цілому позитивно реагують на оптимізацію площі живлення та умов ґрунтового живлення. Проте для редьки олійної доведено і ряд особливостей. Зокрема за знижених норм висіву змінюється форма кореня із витягнутої конусоподібної до опуклої веретеноподібної (рис. 2) із інтенсивним галузненням у зоні 11–21 см за довжиною кореня (рис. 1, рис. 3 (нижня позиція)). При цьому, кількість галузень

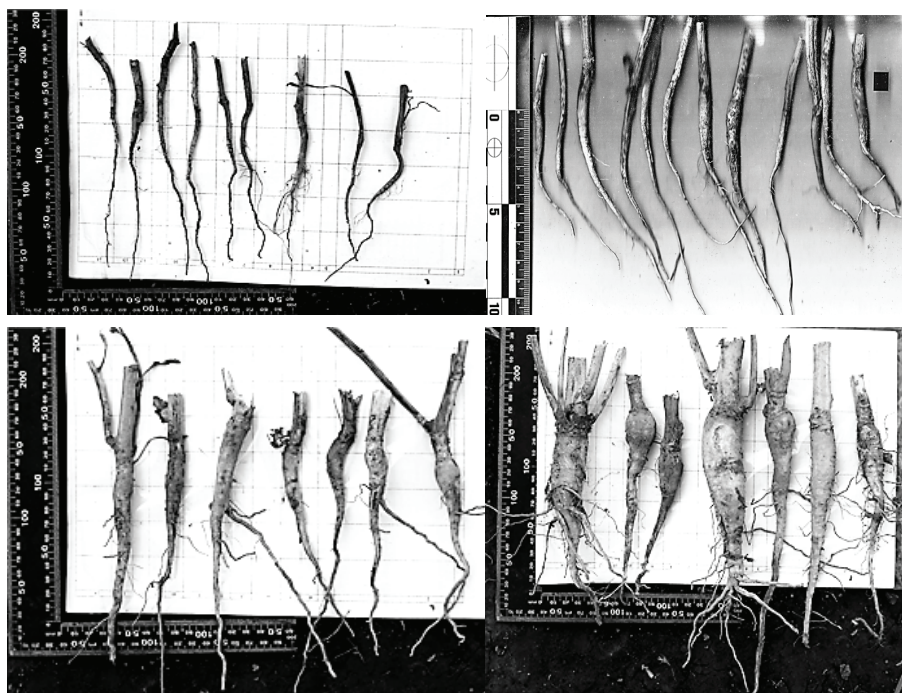


Рис. 3. Коренева система (верхня позиція: для рослин варіанту 4 млн шт./га схожих насінин на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ (зліва рослин нижнього ярусу, справа – верхнього); нижня позиція: для рослин варіанту 0,5 млн шт./га схожих насінин на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ (зліва рослин нижнього ярусу, справа – верхнього), 2018 р.

коливається в інтервалі від 1,5 до 4,0 і не відмічена за всі роки спостережень за орми висіву в інтервалі 3–4 млн шт./га схожих насінин на всіх фонах удобрення. Іншою особливістю є формування ідіотипічних форм кореневої системи у рослин різних ярусів агроценозу редьки олійної доведено нами у попередніх дослідженнях [23] як за підвищених, так і за знижених норм висіву, що узгоджується з наведеними даними по рівню варіювання морфологічних параметрів корневих систем (рис. 3). При цьому зниження загального варіювання на фоні зростання норм висіву та відповідно зменшення площі живлення пов'язано із чинниками агроценотичного тиску, який відповідно до [26] нормалізує фенотипові реакції рослин та звужує інтервал розмаху значень морфологічних показників основних частин рослини.

На підставі отриманих даних зниження ценотичної щільності та оптимізація мінерального живлення у редьки олійної з високим рівнем прогнозування зумовить підвищення морфологічного варіювання параметрів корневих систем, що слід враховувати у приписівному конструюванні агрофіоценозів даної культури, а також при плануванні її використання для сидеральних технологій, оскільки у даному випадку сформована коренева біомаса буде додатковою невід'ємною частиною загальної фітомаси, надходження якої буде обліковуватись у плані визначення технологічності та ефективності сидерації, строків її проведення та етапності імплементації ґрунтом сформованої сидеральної маси після відповідних агротехнологічних операцій підготовки. Щодо останнього фактору, то важливим є аналіз сформованої ваги корневих систем у розрізі вивчаємих технологічних варіантів конструювання її агроценозу та визначення загальної сформованої кореневої біомаси в ґрунтовому профілі стан-

дартного орного горизонту (0–30 см). Слід зауважити, що відповідно до значень стандартного відхилення (SD) показника ваги коренів (m_k) варіативність його значення має ту ж тенденцію до зростання від 13,72% для варіанту 4,0 млн схожих насінин/га за рядкової сівби на неодобреному фоні до 19,74% у варіанті 0,5 млн схожих насінин/га на фоні із внесенням $N_{90}P_{90}K_{90}$. У підсумку середня за період сформована коренева біомаса рослин редьки олійної буде коливатись у межах від 5,52 т/га до 10,82 т/га (рис. 4).

Згідно отриманих даних, максимальну кореневу біомасу редька олійна за період досліджень формувала у варіантах з нормою висіву 2,0 млн схожих насінин/га за звичайної рядкової сівби на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ на рівні 10,70 т/га та у варіанті з нормою висіву 1,5 млн схожих насінин/га за широкорядної сівби на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ на рівні 10,82 т/га. Це дозволяє скорегувати рекомендовані варіанти норми висіву та удобрення редьки олійної за її вирощування як сидерату у варіантах ранньовесняної сівби із 2,5–3,0 млн схожих насінин/га звичайним рядковим способом [27–30] на вказані нами, як найбільш продуктивні за умов нестійкого зволоження на ґрунтах із середнім потенціалом ґрунтової родючості. При цьому з врахуванням показника сформованої кореневої біомаси відповідно до класифікуючого групування [30] редьку олійну за цим показником для умов нестійкого зволоження можна віднести до високопродуктивних культур для використання у системі сидеральних та біоорганічних ґрунтовідновлювальних технологій.

Висновки. За результатами представлених досліджень доведена можливість формування бажаних морфологічних та вагових параметрів кореневої системи редьки олійної за рахунок зміни норми висіву,

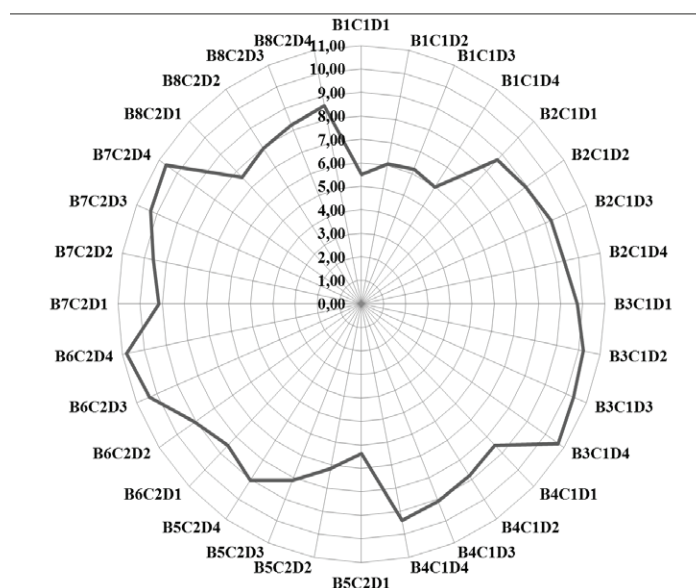


Рис. 4. Показники сформованої кореневої біомаси рослинами редьки олійної (середнє по сортах) на фазу цвітіння (ВВСН 64–67) за різних технологічних варіантів конструювання її агроценозу, т/га (середнє за період 2018–2023 рр., $V_1C_1D_1$ – комбінаторика варіантів відповідно до схеми досліді (табл. 1); HIP_{05} т/га (заг.) = 1,63)

способу сівби та удобрення у такому зростаючому ряду прогнозованого агротехнологічного впливу: мінеаральні добрива – гідротермічні умови періоду вегетації – спосіб сівби – норма висіву. Максимально досяжний рівень формування кореневої біомаси. встановлено у варіанті ширококорядної сівби нормою висіву 1,5 млн схожих насінин/га за використання фонового мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 10,82 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Koyama T., Murakami S., Karasawa T. Complete root specimen of plants grown in soil-filled root box: sampling, measuring, and staining method. *Plant Methods*. 2021. Vol. 17. 97.
2. 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. 503.
3. Hudek C., Putinica C., Otten W., De Baets S. Functional root trait-based classification of cover crops to improve soil physical properties. *European Journal of Soil Science*. 2022. Vol. 73. №1. e13147.
4. Bontpart T., Concha Vidal C., Giuffrida M.V., Robertson I., Admkie K., Degefu T., Girma N., Tesfaye K., Haileselassie T., Fikre A., Fetene M., Tsiftaris S., Doerner P. Affordable and robust phenotyping framework to analyse root system architecture of soil-grown plants. *The Plant Journal* 2020. Vol. 103. №6. P. 2330–2343.
5. Liu L.P., Gan Y.T., Bueckert R., Rees K.V.. Rooting systems of oilseed and pulse crops I: temporal growth patterns across the plant developmental periods. *Field Crop Research*. 2011. Vol. 122. P. 256–263.
6. Liu L.P. Root systems of oilseed and pulse crops morphology, distribution and growth patterns. PhD Thesis. Department of Plant Sciences University of Saskatchewan Saskatoon. SK. 2009, 136 p.
7. Thorup-Kristensen K., Kirkegaard J. Root system-based limits to agricultural productivity and efficiency: the farming systems context. *Annals Botany*. 2016. Vol. 118. № 4. P. 573–592.
8. Maan C., ten Veldhuis M.-C., van de Wiel B.J.H.. Dynamic root growth in response to depth-varying soil moisture availability: a rhizobox study. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2023. Vol. 27. P. 2341–2355.
9. Bodner G., Loiskandl W., Hartl W., Erhart E., Sobotik M.. Characterization of Cover Crop Rooting Types from Integration of Rhizobox Imaging and Root Atlas Information. *Plants*. 2019. Vol. 8. № 11. 514.
10. Rellán-Álvarez R., Lobet G., Dinneny J.R. Environmental Control of Root System Biology. *Annual Reviews Plant Biology* 2016. Vol. 67. P. 619–642.
11. Takahashi H., Pradal C. Root phenotyping: important and minimum information required for root modeling in crop plants. *Breed Science* 2021. Vol. 71. №1. P. 109–116.
12. Adu M.O. Variations in root system architecture and root growth dynamics of brassica rapa genotypes using a new scanner-based phenotyping system. University of Nottingham School of Biosciences Sutton Bonington, 2014, 283 p.
13. Liu L., Gan Y., Bueckert R.A., Van Rees K. Rooting systems of oilseed and pulse crops. II: Vertical distribution patterns across the soil profile. *Field Crop Research*. 2011. Vol. 122. P. 248–255.
14. Merrill S.D.; Tanaka D.L., Hanson J.D. Root length growth of eight crop species in Haplustoll soils. *Soil Science Society of America Journal* 2002. Vol. 666. №3. P. 913–923.
15. Frasier I., Noellemeyer E., Fernández R., Quiroga A.. Direct field method for root biomass quantification in agroecosystems. *MethodsX*. 2016. Vol. 4. №3. P. 513–519.
16. Himmelbauer M.L., Loiskandl W., Kastanek F. Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different image analysis systems. *Plant Soil*. 2004. Vol. 260. P. 111–120.
17. Persson H., Baitulin I.O. Plant root systems and natural vegetation. *Acta Phytogeographica Suecica* 81. Opulus Press AB Uppsala. 1996, 131 p.
18. Schenk H.J., Jackson R.B. Rooting depths, lateral root spreads and below-ground/above-ground allometries of plants in water-limited ecosystems. *Journal of Ecology*. 2002. Vol. 90. P. 480–494.
19. Sultan S., Snider J., Conn A., Li M., Topp C.N., Navlakha S. A Statistical Growth Property of Plant Root Architectures. *Plant Phenomics*. 2020. 2073723.
20. Цицюра Я.Г., Цицюра Т.В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. 624 с.
21. Cutforth H.W., Angadi S.V., McConkey B.G., Miller P.R., Ulrich D., Gulden R., Volkmar K.M., Entz M.H., Brandt S.A. Comparing rooting characteristics and soil water withdrawal patterns of wheat with alternative oilseed and pulse crops grown in the semiarid Canadian prairie. *Canadian Journal of Soil Science* 2013. Vol. 93. P. 147–160.
22. Wong J. Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press, 2018. 589 p.
23. Цицюра Я.Г. Оцінка ефективності конструювання агрофітоценозів та удобрення редьки олійної на основі модульно-віталітетного методу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 3(14). С. 57–78.
24. Dharmasri L.C., de Jong, E., Cowell L.E. Effective rooting depth of mustard under dryland conditions. Dept. of Soil Science, University of Saskatchewan. 1993. [Electronic resource] URL: <http://hdl.handle.net/10388/10502> (accessed on 30 April 2024).
25. Kashyap A., Kumari S., Garg P., Kushwaha R., Tripathi S., Sharma J., Gupta N.C., Kumar R.R., Yadav R., Vishwakarma H. Indexing Resilience to Heat and Drought Stress in the Wild Relatives of Rapeseed-Mustard. *Life*. 2023. Vol. 13. №3. 738.
26. Злобін Ю.А. Алгоритм оцінки віталітету особин рослин і віталітетної структури фітопопуляцій. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2018. Том 14, № 3. С. 213–226.
27. Лисянський О.Л. Ефективність удобрення сидеральних культур на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.04 / Лисянський Олександр Леонідович ; Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр «Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського». Харків, 2018. 246 с.
28. Bhogal A., White C., Morris N. Project Report №. 620 Maxi Cover Crop: Maximising the benefits from cover crops through species selection and crop management.

- AHDB Cereals & Oilseeds is a part of the Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB). 2018, 111 pp.
29. 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.
 30. White C.A., Holmes H.F., Morris N.L., Stobart R.M. A review of the benefits, optimal crop management practices and knowledge gaps associated with different cover crop species. *Research Review* №. 90. AHDB Cereals & Oilseeds. 2016, 90 p.
- REFERENCES:**
1. Koyama T., Murakami S., Karasawa T. (2021). Complete root specimen of plants grown in soil-filled root box: sampling, measuring, and staining method. *Plant Methods*. Vol. 17. 97.
 2. 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*. Vol. 10. 503.
 3. Hudek C., Putinica C., Otten W., De Baets S. (2022). Functional root trait-based classification of cover crops to improve soil physical properties. *European Journal of Soil Science*. Vol. 73. №1. e13147.
 4. Bontpart T., Concha Vidal C., Giuffrida M.V., Robertson I., Admkie K., Degefu T., Girma N., Tesfaye K., Haileselassie T., Fikre A., Fetene M., Tsafaris S., Doerner P. (2020). Affordable and robust phenotyping framework to analyse root system architecture of soil-grown plants. *The Plant Journal*. Vol. 103. №6. P. 2330–2343.
 5. Liu L.P., Gan Y.T., Bueckert R., Rees K.V. (2011). Rooting systems of oilseed and pulse crops I: temporal growth patterns across the plant developmental periods. *Field Crop Research*. Vol. 122. P. 256–263.
 6. Liu L.P. (2009). Root systems of oilseed and pulse crops morphology, distribution and growth patterns. PhD Thesis. Department of Plant Sciences University of Saskatchewan Saskatoon. SK. 2009, 136 p.
 7. Thorup-Kristensen K., Kirkegaard J. (2016). Root system-based limits to agricultural productivity and efficiency: the farming systems context. *Annals Botany*. Vol. 118. № 4. P. 573–592.
 8. Maan C., ten Veldhuis M.-C., van de Wiel B.J.H. (2023). Dynamic root growth in response to depth-varying soil moisture availability: a rhizobox study. *Hydrology and Earth System Sciences*. Vol. 27. P. 2341–2355.
 9. Bodner G., Loiskandl W., Hartl W., Erhart E., Sobotik M. (2019). Characterization of Cover Crop Rooting Types from Integration of Rhizobox Imaging and Root Atlas Information. *Plants*. Vol. 8. № 11. 514.
 10. Rellán-Álvarez R., Lobet G., Dinneny J.R. (2016). Environmental Control of Root System Biology. *Annual Reviews Plant Biology*. Vol. 67. P. 619–642.
 11. Takahashi H., Pradal C. (2021). Root phenotyping: important and minimum information required for root modeling in crop plants. *Breed Science*. Vol. 71. №1. P. 109–116.
 12. Adu M.O. (2014). Variations in root system architecture and root growth dynamics of brassica rapa genotypes using a new scanner-based phenotyping system. University of Nottingham School of Biosciences Sutton Bonington, 283 p.
 13. Liu L., Gan Y., Bueckert R.A., Van Rees K. (2011). Rooting systems of oilseed and pulse crops. II: Vertical distribution patterns across the soil profile. *Field Crop Research*. Vol. 122. P. 248–255.
 14. Merrill S.D.; Tanaka D.L., Hanson J.D. (2002). Root length growth of eight crop species in Haplustoll soils. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 666. №3. P. 913–923.
 15. Frasier I., Noellemeyer E., Fernández R., Quiroga A. (2016). Direct field method for root biomass quantification in agroecosystems. *MethodsX*. Vol. 4. №3. P. 513–519.
 16. Himmelbauer M.L., Loiskandl W., Kastanek F. (2004). Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different image analysis systems. *Plant Soil*. Vol. 260. P. 111–120.
 17. Persson H., Baitulin I.O. (1996). Plant root systems and natural vegetation. *Acta Phytogeographica Suecica* 81. Opulus Press AB Uppsala, 131 p.
 18. Schenk H.J., Jackson R.B. (2002). Rooting depths, lateral root spreads and below-ground/above-ground allometries of plants in water-limited ecosystems. *Journal of Ecology*. Vol. 90. P. 480–494.
 19. Sultan S., Snider J., Conn A., Li M., Topp C.N., Navlakha S. (2020). A Statistical Growth Property of Plant Root Architectures. *Plant Phenomics*. 2073723.
 20. Tsytsiura Ya.H., Tsytsiura T.V. (2015). Redka oliina. Stratehiia vykorystannia ta vyroshchuvannia: monohrafiia [Oilseed radish. Strategy of use and cultivation: a monograph]. Vinnytsia: TOV «Nilan LTD», 624 p [in Ukrainian].
 21. Cutforth H.W., Angadi S.V., McConkey B.G., Miller P.R., Ulrich D., Gulden R., Volkmar K.M., Entz M.H., Brandt S.A. (2013). Comparing rooting characteristics and soil water withdrawal patterns of wheat with alternative oilseed and pulse crops grown in the semiarid Canadian prairie. *Canadian Journal of Soil Science* 2013. Vol. 93. P. 147–160.
 22. Wong J. (2018). Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press, 589 p.
 23. Tsytsiura Ya.H. (2019). Otsinka efektyvnosti konstruiuvannia ahrofitotsenoziv ta udobrennia redky oliinoi na osnovi modulno-vitalitetnoho metodu [Evaluation of the efficiency of agrophytocenosis design and fertilisation of oil radish based on the modular-vitalite method]. *Silske gospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 3(14). pp. 57–78 [in Ukrainian].
 24. Dharmasri L.C., de Jong, E., Cowell L.E. (1993). Effective rooting depth of mustard under dryland conditions. Dept. of Soil Science, University of Saskatchewan. [Electronic resource] URL: <http://hdl.handle.net/10388/10502> (accessed on 30 April 2024).
 25. Kashyap A., Kumari S., Garg P., Kushwaha R., Tripathi S., Sharma J., Gupta N.C., Kumar R.R., Yadav R., Vishwakarma H. (2023). Indexing Resilience to Heat and Drought Stress in the Wild Relatives of Rapeseed-Mustard. *Life*. Vol. 13. №3. 738.
 26. Zlobin Yu.A. (2018). Alhorytm otsinky vitalitetu osobyn roslyn i vitalitetnoi struktury fitopopuliacii [Algorithm for estimating the vitality of plant individuals and the vitality structure of phytopopulations]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal – Black Sea Botanical Journal*. Tom 14, № 3. S. 213–226. [in Ukrainian].

27. Lysiaskyi O.L. (2018). Efektyvnist udobrennia syderalnykh kultur na chornozemі opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Efficiency of fertilisation of green manure crops on podzolised chernozem of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]: dys. ... kand. s.-h. nauk : 06.01.04 / Lysiaskyi Oleksandr Leonidovych; Nats. akad. ahrar. nauk Ukrainy, Nats. nauk. tsentr «In-t hruntoznavstva ta ahrokhimii im. O. N. Sokolovskoho». Kharkiv, 246 p [in Ukrainian].
28. Bhogal A., White C., Morris N. (2018). Project Report №. 620 Maxi Cover Crop: Maximising the benefits from cover crops through species selection and crop management. AHDB Cereals & Oilseeds is a part of the Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB), 111 pp.
29. 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*. Vol. 12. 2076.
30. White C.A., Holmes H.F., Morris N.L., Stobart R.M. (2016). A review of the benefits, optimal crop management practices and knowledge gaps associated with different cover crop species. *Research Review* №. 90. AHDB Cereals & Oilseeds, 90 p.

Цицюра Я.Г. Особливості формування кореневої системи та кореневої біомаси редьки олійної залежно від агротехнологічних параметрів конструювання її ценозу

Метою досліджень було встановити особливості формування архітекtonіки кореневої системи редьки олійної та рівень біопродуктивності цього процесу залежно від агротехнологічних варіантів конструювання її агрофітоценозу.

Методи. Дослідження було проведено впродовж 2018–2023 років на базі дослідного поля Вінницького НАУ на сірих лісових ґрунтах з середнім потенціалом родючості. Повторність у досліді чотирьохразова. Розміщення варіантів – систематичне у два яруси. Дослід передбачав вивчення таких факторів: А – річні умови періоду вегетації, В – норма висіву, С – спосіб сівби, D – удобрення.

Результати. Встановлена можливість агротехнологічного корегування морфологічного розвитку кореневої системи редьки олійної у орному горизонті (0–30 см) за комплексного поєднання норми висіву, способу сівби і удобрення на стадії припосівного конструювання агрофітоценозу редьки олійної. Доведено послідовне і стале зростання індивідуального морфологічного і вагового розвитку кореневої системи рослин за збільшення площі живлення та оптимізації мінерального живлення за рахунок внесення добрив в інтервалі від 30 до 90 кг/га діючої речовини. Встановлено оптимальні варіанти конструювання агроценозу редьки олійної для досягнення максимального рівня сформованої кореневої біомаси – відповідно за 2,0 млн схожих насінин/га за звичайної рядкової сівби на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ та у варіанті з нормою висіву 1,5 млн схожих насінин/га за широкорядної сівби на тому ж фоні мінерального живлення.

Висновки. Технологічно оптимальні морфологічні та вагові параметри кореневої системи редьки олійної, які дозволяють сформувати максимальну кореневу біомасу цінну з позиції сидерального та біоорганічного застосування редьки олійної складаються у двох технологічних варіантах конструювання її агроценозів на сірих лісових ґрунтах в умовах нестійкого зволоження: у варіантах звичайної рядкової сівби з нормою висіву 2,0 млн схожих насінин/га на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 10,70 т/га та за широкорядної сівби нормою висіву 1,5 млн схожих насінин/га на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 10,82 т/га.

Ключові слова: архітекtonіка та морфометрія коренів, біопродуктивність, агроценоз, коренева біомаса.

Tsytsyura Ya.G. Features of formation of the root system and root biomass of oil radish depending on agrotechnological parameters of its cenosis design

The aim of the research was to determine the peculiarities of formation of the architectonics of the root system of oil radish and the level of bioproductivity of this process depending on the agrotechnological options for the design of its agrophytocenosis.

Methods. The study was conducted during 2018–2023 on the basis of the experimental field of Vinnytsia NAU on grey forest soils with medium fertility potential. The experiment was replicated four times. The arrangement of variants was systematic in two tiers. The experiment involved the study of the following factors: A – annual conditions of the growing season, B – seeding rate, C – sowing method, D – fertilisation.

Results. The possibility of agrotechnological correction of the morphological development of the root system of oil radish in the arable horizon (0–30 cm) with a complex combination of seeding rate, sowing method and fertilisation at the stage of pre-sowing construction of oil radish agrophytocenosis was established. Consistent and sustainable growth of individual morphological and weight development of the root system of plants with an increase in the feeding area and optimisation of mineral nutrition by fertilisation in the range of 30 to 90 kg/ha of active substance was proved. The optimal variants of designing the agro-cenosis of oil radish to achieve the maximum level of formed root biomass were established - respectively, at 2,0 million germinating seeds/ha under conventional row sowing on the background of $N_{90}P_{90}K_{90}$ and in the variant with a sowing rate of 1,5 million germinating seeds/ha under wide-row sowing on the same background of mineral nutrition.

Conclusions. Technologically optimal morphological and weight parameters of the root system of oil radish, which allow to form the maximum root biomass valuable from the point of view of green manure and bioorganic use of oil radish, are formed in two technological variants of designing its agro-cenoses on grey forest soils under conditions of unstable moisture: in the variants of conventional row sowing with a seeding rate of 2,0 million germinating seeds/ha on the background of $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 10,70 t/ha and in the variants of wide-row sowing with a seeding rate of 1,5 million germinating seeds/ha on the background of $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 10,82 t/ha.

Key words: root architecture and morphometry, bioproductivity, agro-cenosis, root biomass.