

УДК 635.15:631.5

DOI:10.37128/2707-5826-2026-3-7

**ЗМІНА МОРФОГЕНЕЗУ
СТЕБЛА РОСЛИН РЕДЬКИ
ОЛІЙНОЇ ТА РІВНІВ ЇЇ
БІОПРОДУКТИВНОСТІ ЗА
ВИКОРИСТАННЯ
РІСТРЕГУЛЯЦІЇ**

Я.Г. ЦИЦЮРА, кандидат с.-г. наук,
доцент
Вінницький національний аграрний
університет

Систематизовано та згруповано результати ефективності застосування різних діючих речовин рістрегуляторів у приміненні до ряду редькових як особливої триби родини хрестоцвітих з орієнтацією на форми діючої речовини рістрегуляторів, фази їх внесення та потенційних позитивних змін в морфогенезі та фізіологічних перетвореннях рослинного організму на прикладі звичайної редьки та похідних її видових форм в тому числі класичного типового представника багатоцільового використання – редьки олійної.

За трьохрічний виробничий період досліджень оцінено ефективність застосування поширеного і апробованого за вирощування хрестоцвітих видів рослин (зокрема ріпаку озимого та ярого) такого рістрегулятора як Карамба Турбо, який є комбінованим препаратом, що поєднує одночасно дві діючих речовини метконазол та менікват-хлорид на фенологічну фазу початку стеблуння рослин редьки олійної. Дослідження передбачало співставну оцінку ефективності застосування вказаного рістрегулятора у діапазоні норм внесення 0,6 л/га, 1 л/га та 1,4 л/га з порівнянням результатуючих показників до контролю без застосування рістрегуляції.

Досліджено вплив вивчаємого дозування застосування рістрегулятора Карамба Турбо на такі ознаки стебла як його діаметр в основі, товщину стінок стебла, висоту стебла, висоту стебла до першого бічногогалуження, загальну кількість бічних галузень тощо з прогнозованою оцінкою отриманих варіантів з позиції стійкості рослин до стеблового вилягання. Оцінено також при цьому величину сформованих рівнів біопродуктивності за показниками виходу листостеблової та кореневої біомаси, урожайності насіння з усередненими показниками за повний період досліджень.

Зроблено висновки щодо найбільш ефективного дозування рістрегулятора Карамба Турбо за вирощування сортів редьки олійної на сірих лісових ґрунтах з міжряддям 30 см за кількісної норми висіву 1,5 млн шт./га схожих насінин. Визначено максимальну ефективність позитивного поєднання морфогенезу стеблової частини рослин сортів редьки олійної з середньобагаторічним досяжним рівнем їх біопродуктивності при застосуванні рістрегулятора Карамба Турбо нормою внесення 1,0 л/га у фенологічну фазу початку стеблуння. Намічено перспективи подальших досліджень з позиції пошуку оптимального поєднання різних діючих речовин рістрегуляторів за їх використання в агрофітоценозах редьки олійної.

Ключові слова: редька олійна, рістрегуляція, морфогенез стебла, морфологічні ознаки, біопродуктивність, урожайність насіння.

Табл. 5, Рис. 3, Літ. 20.

Постановка проблеми. Однією із складових успішного насінництва редьки олійної є контроль полеглистості рослин, особливо за умови щільних агроценозів насінників, а бо ж у варіантах агроценозів низької щільності на фоні помірних температур та достатнього зволоження [1, 2].



З врахуванням високого компенсаторного потенціалу редьки олійної, яка здатна формувати до 15–20 додаткових бічних галузень з стручками за умови диспаратного розвитку анатомічних структур стебла та сформованої надземної біомаси створюються сприятливі умови для інтенсивного стеблового або ж прикореневого вилягання рослин редьки олійної у насінниках [3, 4]. Небезпечним у цьому плані є також варіанти технології, які передбачають формування рослин з високим рівнем плодової архітектоники на фоні вище середнього рівня густот стояння за потенційно високих загроз ослабленого анатомічного розвитку стебла рослин [5]. Така чутливість редьки олійної до технологічних регламентів густоти стояння та коректуючого удобрення формує технологічні ризики вилягання посівів культури на стадії сформованої фази зеленого стручка зумовлює загальне зниження урожайності насіння до 15–20% [5, 6]. На основі окреслених проблем актуальним є дослідження можливостей застосування рістрегулюючих речовин рекомендованих для загальної групи хрестоцвітих видів рослин за аналогією з агроценозами ріпаку озимого для формування морфотипу рослин редьки олійної з підвищеною стійкістю до вилягання, що в свою чергу відкриває можливість до підвищення продуктивності насінників культури.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Система рістрегуляції ростових процесів редьки олійної є питанням маловивченим, зумовленим концентрацією дослідження цього питання на родині редькових загалом.

Зокрема, окремі групи рістрегулюючих речовин, які потенційно рекомендовані для агрофітоценозів редьки олійної представлено у зведеній табл. 1.

Таблиця 1

Препарати рістрегулюючого характеру, які можуть бути застосовані на редьці олійній

Препарат	Діючі речовини	Норма внесення	Фаза застосування	Основний ефект
Caramba Turbo	метконазол + мепікват-хлорид	0,7–1,0 л/га	4–6 листків (ВВСН 14–16) або початок стеблування (ВВСН 27–30)	регулювання росту, зменшення висоти рослин, підвищення стійкості до вилягання
Caryx	метконазол + мепікват-хлорид	0,7–1,4 л/га	4–8 листків	стимуляція розвитку кореневої системи, формування компактної рослини
Moddus	трінексапак-етил	0,2–0,4 л/га	початок стеблування (ВВСН 27–30)	пригнічення подовження стебла, підвищення стійкості до вилягання
Terpal	етефон + мепікват-хлорид	1,0–1,5 л/га	стеблування – бутонізація	укорочення міжвузлів, зміцнення стебла
Regalis	прогексадіон-кальцій	0,6–1,0 кг/га	ранні фази росту	пригнічення синтезу гіберелінів, формування компактної рослини
Гумінові препарати	гумінові та фульвокислоти	0,2–0,5 л/га	2–4 листки	стимуляція росту коренів, активізація фотосинтезу
Амінокислотні біостимулятори	амінокислоти + мікроелементи	1–2 л/га	4–6 листків	підвищення стресостійкості та інтенсивності росту

Примітка. Сформовано автором на підставі узагальнюючих публікацій [6–10]

За результатами тривалої оцінки дії рістрегулюючих речовин на представниках роду редькових визначено (табл. 2), що їх застосування зумовлює зниження висоти рослин на 10–25 %, діаметру стебла на 10–20 %, підвищення стійкості до вилягання на 7–11% та урожайності насіння на 5–15 % [2, 11–13].

Таблиця 2

**Загальні морфологічні ефекти дії ріст регуляторів на модельному об'єкті
редьці**

Рістрегулятор	Концентрація	Спосіб застосування	Основний ефект	Джерело
GA ₃ (гіберелін)	10–30 ppm	позакореневе обприскування	збільшення висоти рослин, кількості листків, підвищення врожайності	[7]
GA ₃	до 200 ppm	обприскування	підвищення довжини кореня, маси та врожайності	[8]
НАА (нафтилоцтова кислота)	10–30 ppm	обприскування	стимуляція росту кореневої системи, підвищення врожайності	[6]
ІАА (індолілоцтова кислота)	50–150 ppm	обприскування	активізація росту кореня та фотосинтезу	[8]
ІВА (індолілмасляна кислота)	50–150 ppm	обприскування	стимуляція розвитку кореневої системи	[7]
гумінові препарати	0,01–0,05 %	обробка насіння або обприскування	підвищення біомаси та фотосинтетичної активності	[2]
екстракти морських водоростей	0,2–0,5 %	позакореневе підживлення	підвищення стресостійкості та накопичення біомаси	[2]

Примітка. Сформовано автором на підставі узагальнюючих публікацій [2, 6–8].

Разом із тим слід відмітити, що питання застосування заходів рістрегуляції за вирощування саме редьки олійної є питанням, яке є маловивченим як з позиції насіннєвого вирощування культури, так і з позиції можливостей загальної морфо регуляції її агроценозів за різних варіантів припосівного їх конструювання.

У кінцевому випадку кінцевою метою досліджень є вивчення впливу застосування одного з поширених ріст регуляторів за вирощування ріпаку ярого і озимого Карамба Турбо щодо можливості адекватного застосування у технологіях вирощування редьки олійної з позиції морфологічної корекції анатомічної структури стебла.

Умови та методика досліджень. Дослідження охоплювали цикл 2023–2025 рр. та проводились в межах дослідного поля Вінницького національного аграрного університету (N 49°11'31", E 28°22'16").

Ґрунтовий покрив дослідного поля був представлений сіримі лісовими ґрунтами середньо суглинкового механічного складу з таким агрохімічним потенціалом: вміст гумусу 2,68% легкогідролізного азоту 81,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 176,1 мг/кг ґрунту, обмінного калію 110,8 мг/кг ґрунту за $pH_{\text{ккл}} 5.8$.

У досліді висівали два сорти редьки олійної Райдуга та Журавка нормою висіву 1,5 млн. шт./га схожих насінин з міжряддям в 30 см, дотримуючись базових принципів проведення польових досліджень із хрестоцвітими видами рослин за облікової площі ділянки в 25 м² у системі рендомізованої 4-х разової повторності [15].

Застосована схема досліду представлена в табл. 3.

Таблиця 3

Загальна схема досліду поставлена на вивчення

Фактор А річні умови	Фактор В сорт	Фактор С дозування рістрегулятора на фазу початку стеблуння (ВВСН 27–30)
2023	Журавка Райдуга	Контроль – без застосування рістрегуляції
		Карамба Турбо (метконазол (фунгіцид + ретардант)) 30 г/л + мепікват-хлорид 210 г/л (інгібітор росту)) 0,6 л/га
2024		Карамба Турбо (метконазол (фунгіцид + ретардант)) 30 г/л + мепікват-хлорид 210 г/л (інгібітор росту)) 1,0 л/га
2025		Карамба Турбо (метконазол (фунгіцид + ретардант)) 30 г/л + мепікват-хлорид 210 г/л (інгібітор росту)) 1,4 л/га

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Карамба Турбо (30 г/л Метконазол, 210 г/л Мепікват-хлорид у формі розчинного концентрату) – фунгіцид-ретардант. Діє на загальний біосинтез гіберелінів, що визначає вертикальний та радіальний ріст рослин, визначає просторове розміщення стручків у хрестоцвітих видів. Фунгіцидна дія препарату ґрунтується на інгібуванні біосинтезу ергостеролу у клітинах фітопатогенів.

Фенологічну періодизацію росту і розвитку рослин здійснювали, застосовуючи міжнародну шкалу ВВСН у застосуванні до редьки олійної [15].

Висоту стебла обліковували на фенологічну фазу повністю сформованих стручків (ВВСН 77–79) при застосуванні польової лінійки на 25 типових рослинах у межах кожного повторення вибраних стохастично у середній частині ділянки [14]. Кількість бічних галузень стебла було обліковано шляхом прямого їх підрахунку на цю ж фенологічну фазу для 25 типових рослин виділених для обліку показника висоти стебла.

Товщину стінок стебла рослин ріпаку озимого визначали шляхом аналізу зрізу стебла на висоті 30 см над поверхнею ґрунту у 25 типових рослин на фазу повністю сформованих стручків (ВВСН 77–79) у межах дослідних ділянок у кожному повторенні використовуючи для вимірів електронний мікрометр PROTESTER 5202–25 ($\pm 0,001$ мм).

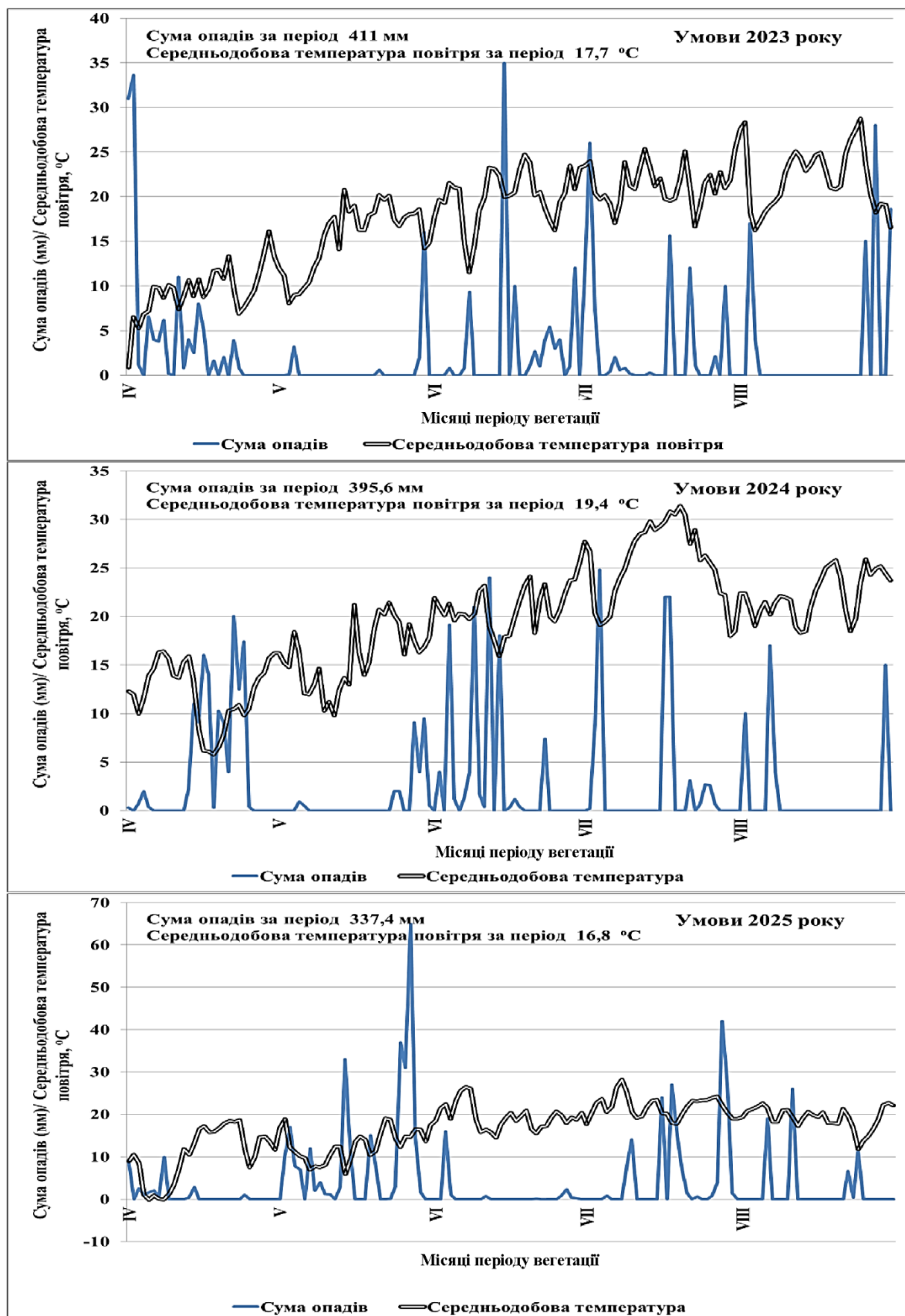


Рис. 1. Гідротермічні умови періоду вегетації сортів редьки олійної, 2023–2025 рр.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Анатомічне вивчення зразків стебел було проведено із використанням поперечних анатомічних зрізів відібраних зразків стебла із дослідних варіантів та їх обробкою за використання світлового біокулярного мікроскопа «XSG–109L Біомед» з додатковим комплексом USB-мікроскопії із застосуванням Sigeta MCMOS 5100 5.1 MP USB 2.0 з відповідним йому програмним забезпеченням для обробки цифрових зображень у світловому полі зору мікроскопа.

Урожайність листостеблової маси та урожайність насіння визначали шляхом поділянкового зважування та обмолоту відповідно до рекомендацій для хрестоцвітих видів рослин [14]. Облік кореневої біомаси проводили широкоапробованим методом мікромонолітного обліку детально описаному в попередніх публікаціях [4].

Погодні умови за період досліджень було обліковано з використанням даних середньодобової температури (°C), суми опадів (мм) з режимом середньої щодобової фіксації за даними датчиково-логерної метеостанції (WMO_ID=33562) (49°14'60" пн. ш. 28°31'60" сх. д. на висоті 295 метрів над рівнем моря).

Статистична обробка результатів передбачала застосування стандартного співставлення дисперсійного аналізу [16] для рівня статистичної значущості $p < 0.05$ у фреймі програми Statistica 10.

Виклад основного матеріалу досліджень. За результатами оцінки гідротермічних умов з позиції блоку біологічних та адаптивних властивостей редьки олійної [2] період вегетації в усі роки досліджень характеризувався відносною сприятливістю для рістфізіологічних процесів сортів редьки олійної (рис. 1). Виключенням з цього ряду є умови 2025 року з несприятливим тривалим температурним режимом повітря включно до другої декади травня, що створило передумови для мінімалізації темпів ростових процесів внаслідок холодового стресу та послідуєчих за ним змін у інтенсивності формування загальної надземної морфології рослин обох сортів. З огляду на прогнозований рівень продуктивності редьки олійної за багаторічний цикл вивчення у режимі різнострокового використання [3–5] середній досяжний біопродуктивний потенціал за період 2023–2025 рр. становив у середньому по сортах листостеблової надземної маси у сирій речовині 27,53 т/га, кореневої біомаси 8,94 т/га, насіння 1,91 т/га. Досягнутий рівень відповідав показнику вище середнього з позиції багаторічної тривалої оцінки культивування редьки олійної на сірих лісових ґрунтах [2] та дозволив адекватно оцінити застосовані варіанти рістрегуляції з позиції впливу на загальний та продуктивний морфогенез рослин.

Визначено, що застосування Карамба Турбо у всіх варіантах дослідного застосування впливало як на загальні, так і на специфічні ознаки морфології стебла в обох сортів редьки олійної (табл. 4).

Визначено для обох сортів редьки олійної поступове зростання діаметра стебла, стале зниження показника довжини стебла до першого галуження на фоні зростання кількості бічних галужень стебла та загального потовщення стінок стебла. Ці зміни мали різні градаційні значення залежно від варіанту застосування рістрегулятора Карамба Турбо.

Таблиця 4

**Формування морфологічних ознак стебла сортів редьки олійної залежно від
варіантів рістрегуляції (середнє за 2023–2025 рр.) на фоні передпосівного
застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$**

Сорт	Варіант застосування ріст регуляції на фазу початку стеблуння (ВВСН 27–30)	Морфологічні ознаки стебла				
		діаметр стебла в основі, мм	висота стебла, см	довжина стебла до першого галу- ження, см	кількість бічних галужень стебла, шт.	товщина стінок стебла, мм
Журавка	Контроль – без рістрегуляції	8,72	130,87	76,95	4,07	1,57
	Карамба Турбо 0,6 л/га	9,15	127,42	73,89	4,82	1,76
	Карамба Турбо 1,0 л/га	9,77	120,55	70,45	5,05	1,82
	Карамба Турбо 1,4 л/га	10,36	114,49	67,59	5,15	1,93
Райдуга	Контроль – без рістрегуляції	8,37	122,52	70,43	3,79	1,48
	Карамба Турбо 0,6 л/га	8,97	119,83	67,44	4,05	1,55
	Карамба Турбо 1,0 л/га	9,25	112,45	65,29	4,39	1,67
	Карамба Турбо 1,4 л/га	9,98	107,41	60,37	4,67	1,75
НІР ₀₅	A	0,58	1,21	1,09	0,18	0,15
	B	0,43	1,59	2,29	0,23	0,21
	C	0,51	1,48	1,55	0,34	0,24
	AB	0,61	1,41	1,69	0,20	0,18
	AC	0,54	1,39	1,38	0,26	0,20
	BC	0,47	1,41	1,92	0,29	0,23
	ABC	0,72	1,72	2,51	0,35	0,27

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Так у середньому по сортах редьки олійної для варіанту застосування Карамба Турбо 0,6 л/га відмічено у відносному виразі зростання параметру діаметру стебла в основі на 6,10%, кількості бічних галужень на 12,64%, та товщини стінок стебла на 8,42% за відповідного зменшення параметру висоти стебла на 2,42% і висоти стебла до першого бічного галуження на 4,11%. Для варіанту внесення рістрегулятора 1,0 л/га аналогічний ряд показників у середньому по вивчаємих сортах становив 11,28%, 19,96%, 14,38%, 8,06% та 7,88% відповідно, а для варіанту дозування 1,4 л/га – 19,02%, 24,88%, 20,59%, 12,43% та 13,23% відповідно.

Тобто, система застосування рістрегуляції у формі діючої речовини у складі препарату Карамба Турбо формує так звану репродуктивну архітектуру насінневого типу [1, 2, 17] більш стійку до вилягання, ніж вегетативна архітектура видів рослин, які мають кормове та листостеблове використання [2, 18].

Отримання вказаної морфометрії рослин дозволяє зробити висновок про позитивний вплив рістрегуляції з позиції формування потенційно високої репродуктивної структури, яка забезпечує прогнозовано як більш високі стійкісні характеристики рослин до вилягання в тому числі за зростання фону живлення, так і гарантує загальне зростання показників структури індивідуальної насінневої продуктивності з позиції істотного зростання таких ознак як бічні галуження стебла, що потенційно позитивно корелюють з кількістю стручків на рослині [1]. Вказані особливості підтверджено даними рисунка 2 з огляду на наочну різницю у сформованому репродуктивному зусил्लю як за кількістю відповідного бічного галуження, так і за кількістю сформованих плодоеlementів.



Рис. 2. Морфометрія стебел редьки олійної сорту Райдуга у співставленні контрольного варіанту (зліва на обох позиційних рисунках) та варіанту із застосуванням Карамба Турбо на фазу початку стеблування (ВВСН 27–30) (1,4 л/га) (справа на обох позиційних рисунках), 2023 р.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

З позиції анатомічної структури стебла у поперечному перерізі також відмічено сталу тенденцію до зростання товщини стінок стебла з градієнтом 0,45 мм/л Карамба Турбо у випадку сорту Журавка та 0,34 мм/л Карамба Турбо у випадку сорту Райдуга. Такий формат формування показника, з огляду на визначені позитивні залежності між стійкістю редькових та діаметральним значенням механічних тканин стебла в його основі та по всій довжині до перших бічних галужень [2, 19, 20] засвідчило позитивний вплив рістрегуляторів на забезпечення досягнення підвищення стійкості рослин редьки олійної до вилягання та реалізацію можливості поєднання більш розвиненої плодоеlementної архітекtonіки на фоні зростання як густоти стояння рослин, так і забезпечення більш високого агрофону вирощування насінників редьки олійної, що є важливим з позиції бажаного поєднання вказаних ознак в єдиному агрофітоценозі сортів редьки олійної [3, 5].

Вказані висновки підтверджуються співставним порівнянням вивчаємих варіантів у межах рисунка 3.

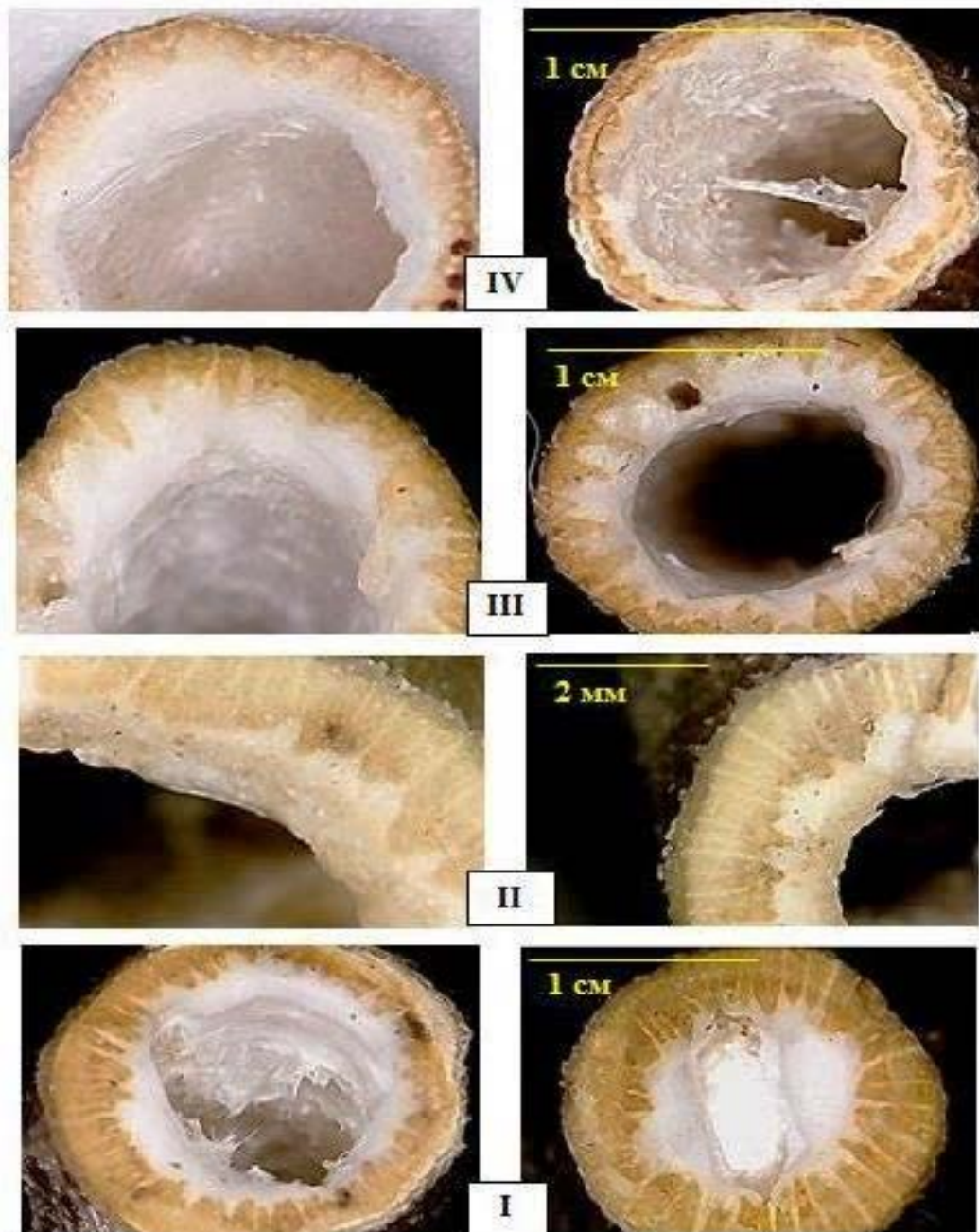


Рис. 3. Анатомічна структура перерізу стебла типової рослини редьки олійної сорту Журавка на фенологічну фазу повністю сформованих стручків (ВВСН 77–79) (зліва для варіантів застосування Карамба Турбо дозуванням 0,6 л/га, справа – для варіантів застосування Карамба Турбо дозуванням 1,4 л/га) (I – переріз в основі стебла; II – 30 см від основи стебла; III – 60 см від основи стебла; IV – стебло генеративної частини головного пагона (90 см від основи стебла), 2024 рік.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Важливим у плані ефективності рістрегуляції з огляду на багатоцільове використання агроценозів редьки олійної (кормові цілі – сидерація – насінники) є оцінка рівнів біопродуктивності культури. Результати такої оцінки у розрізі досліджуваних варіантів представлено у табл. 5 засвідчили сталий динамічний вплив на всі рівні продуктивності за зростання норми внесення рістрегулятора Карамба Турбо.

Таблиця 5

Показники біопродуктивності сортів редьки олійної залежно від варіантів рістрегуляції (за 2023–2025 рр.) на фоні передпосівного застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$

Сорт	Варіант застосування ріст регуляції на фазу початку стеблуння (ВВСН 27–30)	Рівні біопродуктивності		
		надземна листостеблова маса на фазу цвітіння (ВВСН 51–53), т/га	коренева біомаса на фазу цвітіння (ВВСН 51–53), т/га	насіннева продуктивність, т/га
Журавка	Контроль – без рістрегуляції	25,81	7,88	1,79
	Карамба Турбо 0,6 л/га	26,69	8,29	1,91
	Карамба Турбо 1,0 л/га	27,19	8,73	2,08
	Карамба Турбо 1,4 л/га	26,55	8,05	1,95
Райдуга	Контроль – без рістрегуляції	24,59	7,54	1,63
	Карамба Турбо 0,6 л/га	25,81	7,96	1,79
	Карамба Турбо 1,0 л/га	26,92	8,52	1,82
	Карамба Турбо 1,4 л/га	24,91	7,59	1,65
HIP ₀₅	A	0,79	0,29	0,11
	B	0,57	0,38	0,15
	C	1,02	0,31	0,21
	AB	0,65	0,32	0,13
	AC	0,90	0,30	0,16
	BC	0,79	0,35	0,18
	ABC	1,05	0,37	0,18

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Відмічено за внесення рістрегулятора Карамба Турбо 0,6 л/га зростання показника надземної листостеблової маси у середньому по сортах у відносному виразі на 4,19%, кореневої біомаси на 5,39% та урожайності насіння на 8,26%. Для нормування рістрегулятора 1,0 л/га у значенні аналогічний ряд показників був 7,41%, 11,89% та 13,92% відповідно. Внесення ж Карамба Турбо нормою 1,4 л/га зумовлювало загальне зниження всіх рівнів продуктивності у співставленні до варіанту з внесенням рістрегулятора нормою 1,0 л/га – виходу листостеблової маси на 5,41%, кореневої біомаси 10,4% та урожайності насіння на 8,84%. При цьому генотипова чутливість зміною морфогенезу стебла, а, відповідно, і зумовлена зміна величини сформованої біопродуктивності рослин мала істотно виражений характер у сорту Райдуга, ніж у сорту Журавка, що визначає необхідність корекції норми застосування Карамба Турбо за вирощування сортів редьки олійної різного селекційного та еколого-географічного походження.

Висновки та перспективи подальших досліджень. На підставі проведених оцінок застосування рістрегуляції в агроценозі редьки олійної є ефективним засобом морфорегуляції розвитку стеблової вегетативної та стеблової продуктивноформуючої частин рослин редьки олійної. Враховуючи динаміку впливу на базові показники морфологічного розвитку та пов'язану з нею загальну кормову, сидеральну та насінневу продуктивність рослин оптимальним варіантом вирощування редьки олійної на сірих лісових ґрунтах у варіантах сівби з міжряддям 30 см за норми висіву 1,5 млн. шт./га схожих насінин буде застосування рістрегулятора Карамба Турбо у фазу початку стеблування культури (ВВСН 27–30) нормою внесення 1,0 л/га.

Перспективами подальших досліджень буде оцінка інших діючих речовин рістрегуляторів чи їх комбінація за вирощування сортів редьки олійної за різних варіантів припосівного конструювання агроценозу з огляду на змінні фони живлення для умов різного типу ґрунтового покриття зони досліджень.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. 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*. Vol. 31. № 2. P. 219–243. DOI: 10.15159/jas.20.27 [in English].
2. Tsytsiura Y., Palamarchuk V., Krychkovskyi V., Tkachuk O. (2025). Oilseed radish. Agro-potential in the system of green manure, biofumigation, phytoremedial and bioenergy use. Scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 808 p. DOI: 10.30525/978-9934-26-605-8-1 [in English].
3. Tsytsiura Y. (2024). Compensatory and Yield Indicators of Oilseed Radish Depending on the Parameters of its Agrocenosis Design. *Acta fytotechnica et zootechnica*. Vol. 27. № 4. P. 331–350. DOI: 10.15414/afz.2024.27.01.77-97 [in English].
4. Tsytsiura Y. (2024). Evaluation of Ecological Adaptability of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) Biopotential Realization in the System of Criteria for Multi-Service Cover Crop. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 25. Iss. 7. P. 265–285. DOI: 10.12911/22998993/188603 [in English].
5. Tsytsiura Y. (2024). Potential of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) as a multi-service cover crop (MSCC). *Agronomy Research*. Vol. 22. №2. P. 1026–1070. DOI: 10.15159/AR.24.086 [in English].
6. Bala R., Rattan P., Reddy A.H. (2024). Influence of growth regulators on growth, seed yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.). *International Journal of Economic Plants*. Vol. 9. № 3. P. 288–291. DOI: 10.23910/2/2024.5439b [in English].
7. Reddy J., Kumar N.P., Abhinav D., Kumar P., Neha T. (2021). Study of the Effect of Various Organics, Chemicals, Growth Regulators Treatments on Growth, Yield and Yield Attributing Traits in Radish (*Raphanus sativus* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*. Vol. 11. Issue. 10. P. 91–96. DOI: 10.9734/ijecc/2021/v11i1030496. [in English].

8. Ratre P.D., Netam N. (2025). Effect of plant growth regulators on root yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.) var. Kashi Ardra in Chhattisgarh plain. *International Journal of Research in Agronomy*. Vol. 8. Issue 6. P. 785–788. DOI: 10.33545/2618060X.2025.v8.i6j.3099 [in English].
9. Jin D., Lu Z., Song X., Ahammed G. J., Yan Y., Chen S. (2024). Improvement of Yield and Quality Properties of Radish by the Organic Fertilizer Application Combined with the Reduction of Chemical Fertilizer. *Agronomy*. Vol. 14. (8). 1847. DOI: 10.3390/agronomy14081847 [in English].
10. Godlewska K., Pacyga P., Michalak I., Biesiada A., Szumny A., Pachura N., Piszcz U. (2021). Systematic Investigation of the Effects of Seven Plant Extracts on the Physiological Parameters, Yield, and Nutritional Quality of Radish (*Raphanus sativus* var. *sativus*). *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12. 651152. DOI: 10.3389/fpls.2021.651152 [in English].
11. Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*. Vol. 9. 306. DOI: 10.3390/agronomy9060306. [in English].
12. Cocetta G., Ferrante A. (2020). Nutritional and nutraceutical value of vegetable crops as affected by biostimulants application. *eLS*. P. 1–8. DOI: 10.1002/9780470015902.a0028906 [in English].
13. Drobek M., Frac M., Cybulska J. (2019). Plant biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress-a review. *Agronomy*. Vol. 9. 335. DOI: 10.3390/agronomy9060335 [in English].
14. Tsytsiura Y. (2024). Compensatory and Yield Indicators of Oilseed Radish Depending on the Parameters of its Agroecosystem Design. *Acta fytotechnica et zootechnica*. Vol. 27. № 4. P. 331–350. DOI: 10.15414/afz.2024.27.01.77-97 [in English].
15. Singh B.K. (2021). Radish (*Raphanus sativus* L.): Breeding for higher yield, better quality and wider adaptability. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops*. Vol. 8. P. 275–304. DOI: 10.1007/978-3-030-66965-2_7 [in English].
16. Wong J. (2018). Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press. 589 p. DOI: 10.1016/C2012-0-06451-4 [in English].
17. Paradikovic N., Teklic T., Zeljkovic S., Lisjak M., Špoljarevic M. (2018). Biostimulants research in some horticultural plant species – a review. *Food and Energy Security*. Vol. 8. P. 1–17. DOI: 10.1002/fes3.162 [in English].
18. Pereira A. D. E. S., Oliveira H. C., Fraceto L. F. (2019). Polymeric nanoparticles as an alternative for application of gibberellic acid in sustainable agriculture: a field study. *Scientific Reports*. Vol. 9. 7135. DOI: 10.1038/s41598-019-43494-y [in English].
19. Rouphael Y., Colla G. (2020). Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 11. 40. DOI: 10.3389/fpls.2020.00040 [in English].
20. Zulfiqar F., Casadesús A., Brockman H., Munné-Bosch S. (2020). An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. *Plant Science*. Vol. 295. 110194. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110194. [in English].

ANNOTATION
CHANGES IN STEM MORPHOGENESIS OF OILSEED RADISH
PLANTS AND THE LEVELS OF ITS BIOPRODUCTIVITY UNDER THE
APPLICATION OF GROWTH REGULATION

The results of the effectiveness of different active substances of growth regulators applied to several radish species as a special tribe of the Brassicaceae family were systematized and grouped, focusing on the forms of active substances of growth regulators, the timing of their application, and potential positive changes in morphogenesis and physiological transformations of plant organisms. The analysis was conducted using the example of common radish and its derived species forms, including the classic representative of multipurpose use – oilseed radish.

During a three-year production research period, the effectiveness of the widely used and well-tested growth regulator Caramba Turbo, commonly applied in the cultivation of cruciferous crops (particularly winter and spring rapeseed), was evaluated. This preparation is a combined product containing two active ingredients – metconazole and mepiquat chloride – applied at the phenological stage of the beginning of stem elongation in oilseed radish plants. The research involved a comparative evaluation of the effectiveness of this growth regulator applied at rates of 0.6 L/ha, 1.0 L/ha, and 1.4 L/ha, with comparison to a control treatment without growth regulation.

The influence of the studied application rates of Caramba Turbo was investigated on several stem traits, including stem diameter at the base, stem wall thickness, stem height, stem height to the first lateral branch, and the total number of lateral branches, with a predictive assessment of the obtained variants in terms of plant resistance to stem lodging. In addition, the levels of bioproductivity were evaluated based on the yield of leaf-stem biomass, root biomass, and seed yield, with averaged indicators calculated for the entire research period.

Conclusions were drawn regarding the most effective dosage of the growth regulator Caramba Turbo for the cultivation of oilseed radish varieties on grey forest soils with 30 cm row spacing and a seeding rate of 1.5 million viable seeds per hectare. The maximum effectiveness in the positive combination of stem morphogenesis of oilseed radish varieties with the long-term achievable level of their bioproductivity was observed when Caramba Turbo was applied at a rate of 1.0 L/ha at the phenological stage of the beginning of stem elongation.

Prospects for further research have been outlined with respect to identifying optimal combinations of different active substances of growth regulators when used in oilseed radish agrophytocenoses.

Keywords: oilseed radish, growth regulation, stem morphogenesis, morphological traits, bioproductivity, seed yield.

Table 5, Fig. 3, Ref. 20.

Інформація про автора

Цицюра Ярослав Григорович, кандидат с.-г. наук, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 5/42, e-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net, 0675854008).

Tsytsiura Yaroslav Grigoryevich, Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of Soilseed Management, Soilseed Science and Agrochemistry, Vinnytsia National Agrarian University. (21008, Vinnytsia town, Solnechnaya st., build 5/42, e-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net, 0675854008).

Надходження статті 22.07.26.

Прийнято 12.08.26.

Опубліковано 03.09.26.