

УДК 635.15:631.5

DOI:10.37128/2707-5826-2025-4-8

**СИДЕРАЛЬНА ПРОДУКТИВНІСТЬ
РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ У ВАРІАНТІ
ПІЗНЬООСІННЬОЇ ВЕГЕТАЦІЇ**

Я.Г. ЦИЦЮРА, кандидат с.-г.
наук, доцент

Л.А. ЯКОВЕЦЬ, кандидат с.-г.
наук, доцент, Вінницький
національний аграрний університет

За трьохрічний цикл польових досліджень оцінено сидеральний потенціал редьки олійної з позиції ефективності та виробничої доцільності її проміжного вирощування за пізньоосінніх строків формування сидеральної маси на сірих лісових ґрунтах на неодобреному фоні. Запроваджена оцінка включала як загальні параметри вагових та морфометричних характеристик рослин, так і їх формування у динаміці у інтервалі від 10 доби після повних сходів культури до 70 доби у період перед сидерального її використання.

Розглянуто та деталізовано хімічний склад листостеблової маси за комплексом критеріїв, зокрема з позиції класичного зоотехнічного блоку показників таких як вміст сирих протеїну, жиру, клітковини, золи. А також до уваги брався повний мінеральний її склад за вмістом фосфору, калію, кальцію, сірки, що дозволило проаналізувати можливі ефекти від сидерального використання цієї маси та можливий позитивний вплив на ґрунтовий профіль та ґрунтове живлення рослин під які буде застосовано такий варіант сидерації.

Додатково, на підставі отриманої структури хімічного складу рослинної маси проаналізовано потенційну динаміку її розкладу у ґрунті з огляду на швидкість мінералізації та іммобілізації вивільнених макро- та мікроелементів. Зроблено узагальнення щодо ролі гідротермічних умов за період формування сидеральної маси на її хімічну структуру та акумуляцію ряду елементів. Оцінено перспективи використання даного строку сидерації у системі біофумігаційних технологій у сфері ґрунтореабілітації та ґрунтовідродження малопродуктивних та агрохімічно деградованих ґрунтів.

Проведено оцінку особливостей морфометрії рослин редьки олійної у варіюванні розвитку та маси стрижневої частини кореня, реакції у формуванні основних вегетативних органів з позиції фотоперіодичної реакції рослин на фоні сталого зниження температур за термін сидерального формування біомаси рослин.

Зроблено загальні висновки щодо доцільності та потенціалу пізньоосінніх сидеральних агроценозів редьки олійної в зоні досліджень та намічено перспективи подальших досліджень у сфері супутнього аналізу сидеральної цінності сформованої кореневої біомаси а також можливого її впливу на ґрунтові умови родючості сірих лісових ґрунтів.

Ключові слова: редька олійна, сидерація, строки сидерації, сидеральний потенціал, проміжні культури, надземна та коренева біомаса, біохімічний склад.

Табл. 2. Рис. 4. Літ. 17.

Постановка проблеми. Системи удобрення у світі поступово але невпинно змінюють свої риси у двох основних напрямках. Перший з них передбачає перехід на змінні норми внесення мінеральних добрив за рахунок застосування систем точного землеробства з максимально доцільним використанням різноманітних біодобрив, мікродобрив та морфорегуляторів, а інший – з максимальним використанням рослинної органіки як у варіанті класичного внесення органічних добрив, так і за рахунок використання різноманітних варіантів сидерації та рослинних післязбірних чи післяжнивних решток [1].



Другий окреслений напрям в останні роки набуває все більшої зацікавленості за рахунок суттєвого зростання вартості різноманітних мінеральних добрив та похідних агрохімікатів, що на фоні знову ж таки вираженої тенденції до збільшення витрат на енергоресурси у технологіях вирощування – формує позитивні передумови для пошуку більш дешевих і ефективних добрив, а це як правило саме рослинна органіка та сидерати [2]. У зв'язку із цим сидеральні системи удобрення поступово відновлюють свій потенціал і в багатьох країнах Європейського Союзу застосовуються у динамічних системах вивчення паралельно із традиційними системами технологій [3]. Популярними стали і варіанти комбінованих чи періодичних варіантів сидерації, де частка заміни стандартного мінерального живлення встановлюється залежно від ґрунтово-кліматичних ресурсів території, типів сівозмін та структури аграрного виробництва [4, 5].

Враховуючи, що будь-яку сільськогосподарську культуру можна використовувати як сидерат за різних строків та технологій сидерального застосунку – істотною проблемою сидеральних систем удобрення для більшості регіонів є добір відповідних видів сидератів, які б на фоні високої адаптивності та толерантності до зміни строків сівби – забезпечували б достатній рівень біопродуктивності, яку в відповідному еквіваленті може ефективно замінити певну частку класичного мінерального удобрення не знижуючи при цьому урожайність відповідних культур, або ж забезпечуючи їх достатню, виходячи з реального стану речей, продуктивність [6]. Для України характерна зональна специфіка добору сидеральних культур, проте є визначені певні домінуючі культури, зокрема такі найбільш поширені як гірчиця біла, фацелія, різні види люпинів, вико-вісяна суміш тощо [1]. В останні роки до цього списку додають редьку олійну (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.), яка відноситься до культур полікомплексного характеру використання від класичних кормових цілей до отримання біопалив з олії її насіння [7]. Актуалізовано в останні роки дослідження і її сидерального потенціалу [8]. Проте питання пізньострокового використання редьки олійної у варіанті так званого покривного ґрунтополіпшуючого способу сидерації є маловивченим, що актуалізує проведення досліджень за даною проблематикою у рамках виконання державної тематики «Розробка екологоорієнтованих технологій вирощування біоенергетичних культур для забезпечення енергонезалежності та ґрунтозбереження задля формування кліматичної нейтральності» (№ держреєстрації 0124U000483).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Строки сівби редьки досліджувались у різні роки та періоди. За результатами цих досліджень, які стосувались переважно її кормового та насінницького використання, встановлена можливість у зоні Правобережного Лісостепу України її культивування на насінницькі потреби з крайнім терміном сівби не пізніше третьої декади травня, а на кормові потреби не пізніше третьої декади липня [1]. Хоча відзначена можливість посіву і за надранніх термінів (друга-третья декада березня) [8].

Щодо строків сидерального використання редьки олійної, то дослідження акцентувались переважно на двох варіантах – весняний термін культивування з

періодом сидерації у червні та проміжна літня сидерація при імплементації сформованої сидеральної маси у вересні-жовтні [9]. Обидва варіанти сидерації мали певні істотні відмінності за ефективністю та доцільністю, яка залежала від типу ґрунту, особливостей режиму клімату, ротації сівозміни та технологій вирощування сидерату [7]. Проте обидва строки використання довели ефективність та потенціал редьки олійної у зіставленні з традиційними сидеральними культурами для формування ефективних сидеральних варіантів утримання ґрунту в ланках класичних сівозмін за відповідного контролю частки хрестоцвітих таких як ріпак озимий та ярий, гірчиця біла тощо [7, 9].

Разом із тим, невирішеним питанням є ефективність сидерального використання редьки олійної у варіанті сидерації за осіннього строку її сівби з позиції як ефективності і можливості такого заходу, так і з позиції сидеральної продуктивності таких посівів. Саме цей напрям і став ціллю наших досліджень.

Умови та методика досліджень. Місце проведення досліджень - зона північної підпровінції правобережної центральної високої провінції Лісостепу (ЛС2₁). Період досліджень три роки 2022–2024 рр. Місце досліджень дослідне поле Вінницького національного аграрного університету (N 49°11'31", E 28°22'16"). Ґрунтовий покрив дослідних ділянок – сірі лісові ґрунти. Основні показники ґрунтових умов родючості: вміст гумусу 2,68% легкогідролізного азоту 81,5 мг/кг, рухомого фосфору (за Чиріковим) 176,1 мг/кг, обмінного калію (за Чиріковим) 110,8 мг/кг за рН_{KCl} 5,8.

Сидеральний агроценоз формувався за використання сорту редьки олійної Журавка. Строк сівби початок першої декади вересня, нормою 2,5 млн. схожих насінин/га звичайним рядковим способом (15 см). Посів здійснювався в усі роки після озимого тритікале на фоні дискування в два сліди на глибину 14–16 см та післяпосівним прикочуванням. Власне дослідні ділянки було сформовано загальною площею 35 м² (облікової 25 м²). Програмою досліджень було передбачено вивчення динаміки формування рослинного покриття ґрунту шляхом використання облікових рамок та окомірної оцінки ступеня їх заповнення рослинами редьки олійної відповідно до стандартної методики обліку. Визначалась динаміка наростання надземної та кореневої маси рослин редьки олійної у переведенні на гектарну норму як у сирому варіанті, так і у варіанті сухих речовин шляхом періодичного зважування сформованої маси з інтервалом у 10 діб розпочинаючи від дати повних сходів на облікових площадках площею 0,25 м² [10].

Ідентифікація фенологічних фаз росту і розвитку редьки олійної була проведена на підставі стандартної шкали ВВСН для даної культури [11].

Вміст сухої речовини у сформованій листостебловій масі рослин визначали шляхом висушування до постійної маси при 105 °С та озолення при 550 °С [12].

Для обліку сформованої кореневої маси застосовували мікромонолітний метод з решітним відмивання мікромоноліта частинами на сітчастих решетах [9].

Фіксувалися особливості загального морфологічного розвитку рослин за габітусним характером розвитку, облистяністю та ваговими характеристиками як рослини, так і її кореневої системи використовуючи попередньо адаптовані методики оцінки морфології редьки олійної польовими методами [8, 9].

Біохімічний аналіз листостеблової та кореневої біомаси (вміст азоту, фосфору та калію) редьки олійної проводили за стандартними методиками визначення базових компонентів біохімічного аналізу, виражених в абсолютно сухій вазі при застосуванні стандартних методик вітчизняної та закордонної практики за аналізу зразків листостеблової та кореневої маси, сформованих на дату зниження середньодобової температури нижче 5 °C (що з середньої оцінки за період досліджень відповідало періоду першої декади листопада [12–14].

Для оцінки гідротермічних умов періоду вегетації посіяної редьки олійної до строку потенційно можливого її сидерального загортання у ґрунт застосовували такі параметри як: середньодобова температура (°C), сума опадів (мм), гідротермічний коефіцієнт (ГТК).

Для статистичної оцінки отриманих результатів обліків та спостережень було використано стандартні показники аналізу масиву даних [15] за такими параметрами як: середнє арифметичне, стандартне відхилення (SD), коефіцієнт варіації (C_v) (для рівня значущості $p < 0,05$) за використання пакету програм Statistica 10.

Виклад основного матеріалу досліджень. Визначено, що гідротермічний режим від дати повних сходів до дати можливого сидерального загортання сформованої сидеральної маси редьки олійної мав певні відмінності за період досліджень, які вплинули на морфометрію та вагові характеристики рослин редьки олійної, а отже - і на її біопродуктивність. Дату потенційно можливого сидерального використання редьки олійної при застосованих строках сівби редьки олійної як сидерату визначали за критерієм сталого припинення ростових процесів, які для редьки олійної відповідають межі середньодобової температури на рівні 3–5 °C [1, 9].

За результатами оцінки динаміки опадів та температури, враховуючи оптимум сидерального розвитку рослин редьки олійної на рівні 15–17 °C середньодобової температури за суми опадів на рівні 190–250 мм [7] період досліджень за сприятливістю для забезпечення достатньо ефективних темпів ростових процесів можна розмістити у такому порядку зростання оптимальності: 2024–2023–2022. Відповідно до визначеної динаміки факторного впливу погодніх умов на інтенсивність ростових процесів редьки олійної було сформовано і динаміки рослинного покриття та динаміки наростання її вегетативної маси (Рис. 1).

За результатами проведеної оцінки ростові процеси редьки олійної досить чутливо реагували як на зміну температурного режиму, так і на зміну режиму зволоження. При цьому помічено певний диспаритет у цій реакції. Так зниження показника для сирої вегетативної маси у 2022 році як найбільш сприятливому у співставленні до умов 2024 року як найменш сприятливий для формування рослинної біомаси визначено показник зниження накопичення надземної сирої

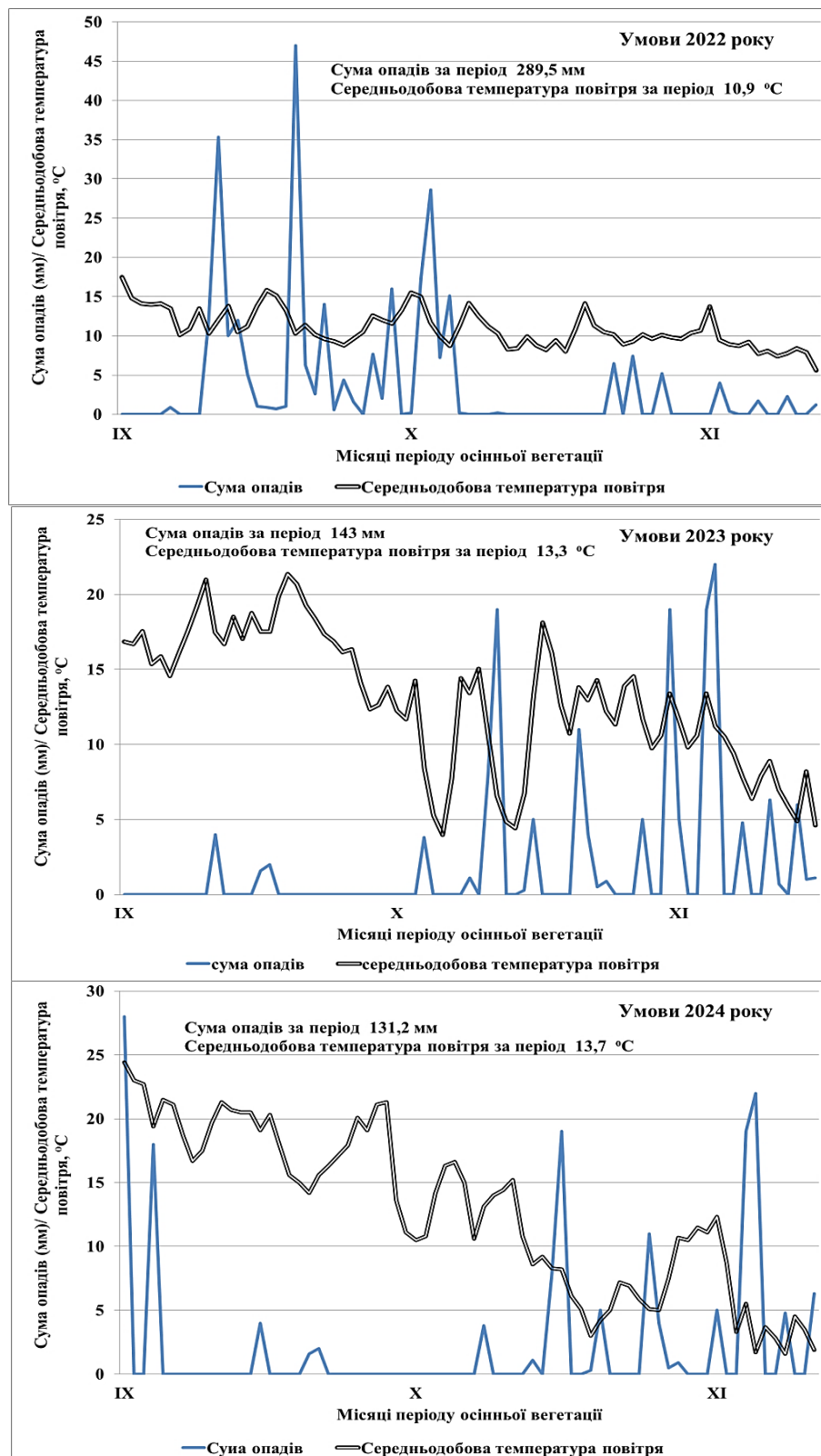


Рис. 1. Динаміка гідротермічного режиму періоду вегетації редьки олійної за її осіннього сидерального використання, 2022–2024 рр.

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

маси рослин на дату максимального її накопичення після повних сходів (60 доба в усі роки досліджень) на рівні 28,3%. Аналогічне зниження для показника акумуляції сирої кореневої маси становило 14,9%, тобто майже в двічі нижче.

Такий характер формування з урахуванням темпів динаміки наростання біомаси рослин підтверджує цінність редьки олійної з двох основних позицій саме для осіннього терміну сидерації.

Таблиця 1

**Параметри динаміки ростових процесів редьки олійної у варіанті
пізньоосіннього строку проміжної сидерації за роки оцінки з інтервалом
у 10 діб після повних сходів, 2022–2024 рр.**

Показники продуктивності	Обліки на добу після повних сходів							НІР ₀₅
	10	20	30	40	50	60	70	
2022 рік								
Експозиційне рослинне покриття ділянки, %	15,6	22,8	53,5	87,8	95,6	90,3	84,3	2,62
Сформовано надземної вегетативної біомаси рослин, т/га	0,85	1,06	2,89	4,26	6,07	6,25	5,39	0,93
Сформовано надземної біомаси рослин у сухій речовині, т/га	0,10	0,16	0,52	0,94	1,27	1,50	1,29	0,24
Сформовано сирої кореневої біомаси рослин, т/га	0,18	0,54	1,08	1,69	2,59	2,96	3,11	0,85
Сформовано кореневої біомаси рослин у сухій речовині	0,03	0,10	0,24	0,42	0,73	0,83	1,00	0,19
2023 рік								
Експозиційне рослинне покриття ділянки, %	8,5	14,5	31,8	65,9	78,7	75,2	67,3	1,81
Сформовано надземної вегетативної біомаси рослин, т/га	0,52	0,69	1,51	2,69	3,91	4,72	4,07	0,82
Сформовано надземної біомаси рослин у сухій речовині, т/га	0,07	0,11	0,29	0,62	0,94	1,12	1,06	0,33
Сформовано сирої кореневої біомаси рослин, т/га	0,09	0,31	0,71	1,08	1,63	2,21	2,36	0,95
Сформовано кореневої біомаси рослин у сухій речовині	0,01	0,04	0,13	0,19	0,52	0,75	0,85	0,11
2024 рік								
Експозиційне рослинне покриття ділянки, %	8,9	16,2	25,7	64,5	68,7	70,9	65,9	1,56
Сформовано надземної вегетативної біомаси рослин, т/га	0,45	0,56	1,63	2,57	3,54	4,48	4,12	0,77
Сформовано надземної біомаси рослин у сухій речовині, т/га	0,07	0,08	0,29	0,54	0,78	1,05	0,95	0,24
Сформовано сирої кореневої біомаси рослин, т/га	0,05	0,24	0,52	1,23	2,78	2,52	3,08	0,71
Сформовано кореневої біомаси рослин у сухій речовині	0,01	0,04	0,10	0,28	0,70	0,68	0,83	0,14

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

Перша з них стосується темпів приросту вегетативної маси на тлі зниження довжини світлового дня та сталого зниження температур, що з огляду на ряд досліджень та оцінок [2, 3, 6] характеризує редьку олійну як адаптивну та толерантну культуру з широкою нормою реакції на зміну термінів використання протягом граничних меж періоду вегетації культур в регіоні. Це підтверджується середнім темпом приросту надземної біомаси у середньому за три роки досліджень в інтервалі від 10 до 60 доби після повних сходів 0,11 т/добу. До прикладу для близьких строків осінньої сидерації приріст у гірчиці білої складав 0,063–0,072 т/добу, у фацелії 0,042–0,052 т/добу [1].

Другим чинником цінності редьки олійної є вже згаданий диспаритет між темпами зниження обсягів акумуляції надземної біомаси та кореневої біомаси у стресові роки. Такий характер формує компенсаторний механізм у реалізації продуктивності культури, який проявляється у депресуючій динаміці формування надземної біомаси рослин за стресових умов вегетації на фоні прогресуючого темпу формування біомаси коренів, що дозволяє редьці олійній формувати вищу загальну біопродуктивність, ніж у вже згаданій гірчиці білої, що підтверджено в окремих дослідженнях [9].

Варто при цьому зауважити, що морфогенез рослин редьки олійної за пізньоосіннього використання змінюється в бік вираженого олійного типу рослин [1, 4, 5], а з огляду на традиційну реакцію ярих хрестоцвітих видів рослин, а особливо роду редькових, на зниження тривалості світлового дня на тлі інтенсивного зниження середньодобових температур – у видоформі формування розвиненого псевдо коренеплоду, характерного для насінників тих же видів редькових (посівної, чорної та ін.). [9].

За рахунок таких процесів формуються певні морфотипи рослин редьки олійної як за розвиток морфології стрижневої частини її кореня, так і за загальним формуванням листків та загального структурного габітусу самих рослин. Ці видозміни для умов 2024 року наведено на рисунках 2–4.

Зокрема частота появи типових коренеплідних форм рослин редьки олійної з діаметром стрижневої частини понад 5 см (рис. 2, верхній ряд) мала частоту зустрічаємості в обліку на 32,8% вищу, ніж за традиційних весняних строків сівби редьки олійної. Частота зустрічаємості коренеплідних форм редьки олійної з діаметром стрижневої частини кореня (рис. 3), який можна віднести до типу псевдо коренеплідних форм зростає майже на 60,5 % у співставленні до того ж агроценозу за традиційних для культури весняних строків посіву.

Спостережено і зміни у морфології стеблової частини. Виділено форми з низьким і наднизьким закладенням бічних галузень стебла від 10–15 см на рівнем ґрунту до 0,5–1,5 см з інтенсивним галузненням як на рівні гілок першого, так і наступних порядків (рис. 4).

У результаті таких морфологічних змін, особливо кореневої системи і формується вже визначений диспаритет між ваговими характеристиками надземної частини рослин та їх кореневих систем.



Рис. 2. Варіювання розвитку стрижневої частини кореневої системи редьки олійної на 50 добу пізньоосіннього строку сидерального її вирощування, 2024 рік



Рис. 3. Морфотипи стрижневої частини кореневої системи редьки олійної за умов вересневого строку сівби на фоні надмірного зволоження та сталого інтенсивного зниження температур, 2023 рік

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

З позиції сидерального потенціалу культури це цінна риса, яка дозволяє сформувати відповідну ефективну мінімальну біомасу за найбільш несприятливих варіантів вегетації. Якщо брати до уваги окремі дослідження [3, 6, 16] за яким загальна ефективність сидерату з позиції позитивного впливу на ґрунтові режими та

позитивний баланс органічного вуглецю та головних макро- і мікроелементів визначається рівнем біопродуктивності не нижче 1,0 т/га сухих речовин у зонах середнього рівня родючості ґрунтів – редька олійна з рівнем загальної біопродуктивності у виразі виходу сухої речовини (табл. 1) у значенні 1,98 т/га на 60 добу після повних сходів відповідає критеріям оптимізованого сидерального використання, що можна використати при проектуванні проміжних культур сидерального типу у складі традиційних сівозмін регіону, особливо за дефіциту рослинної органіки та класичних органічних добрив.



Рис. 4. Зміна характеру галузень стеблової частини редьки олійної у варіанті пізньоосіннього строку використання, 2022 рік

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

Підтвердженням зроблених висновків є і результати оцінки біохімічного складу надземної біомаси рослин редьки олійної на 50 добу після дати повних сходів, результати яких представлено в табл. 2.

За результатами такої оцінки листостеблова сидеральна маса редьки олійної пізньосіннього строку вирощування відноситься до цінних з позиції її біохімічного складу. У цьому плані слід відмітити високий вміст сирого протеїну на середньо багаторічному рівні 18,6%, що у співставленні з аналогічними показниками за сидераційного використання гірчиці білої було на 1,75% вищим [1].

Цінним з позиції оптимізації трансформації макро- та мікроелементів у ґрунтовому профілі є висока зольність листостеблової маси – у середньому за період досліджень 15,47%.

Враховуючи, що процес розкладу сидеральної маси більшості сидеральних культур пізньої осені формує передумови для повільної її мінералізації [2, 17], що створює позитивну післядію на акумуляцію мінеральних сполук у результаті таких темпів ґрунтової трансформації саме на глибині загортання сидерату і може створити позитивні передумови для оптимізації мінерального живлення наступних культур у сівозміні. Ці ж переваги можна віднести і за рахунок високого вмісту фосфору та калію у листостебловій масі.

Таблиця 2

Хімічний склад листостеблової маси редьки олійної сорту Журавка у варіантах пізньоосіннього строку сидерального використання на 50 добу після повних сходів, 2022–2024 рр. (у % на абсолютно суху речовину)

Рік	Органічна суха речовина		Сирий протеїн		Сирий жир		Сира клітковина		Сира зола		Нейтрально-дигергентна клітковина		Кислотно-дигергентна клітковина		Лігнін	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
2022	81,51	1,89	16,31	1,50	3,71	0,22	18,85	0,62	14,48	0,86	40,55	0,21	27,29	0,41	4,29	0,07
2023	83,08	0,65	18,94	1,28	3,05	0,61	20,55	0,71	15,82	0,44	38,37	0,52	24,75	0,18	352	0,18
2024	84,12	0,52	20,44	2,08	3,57	0,37	23,92	0,64	17,11	0,92	39,09	0,35	26,18	0,29	409	0,13
НІР ₀₅	0,56	–	1,03	–	0,82	–	1,02	–	0,95	–	1,12	–	11,27	–	0,25	–

Рік	Загальний вміст азоту (N)		Органічний вуглець		Загальний вміст фосфору		Загальний вміст калію		Загальний вміст кальцію		Загальний вміст сірки		Вміст глюкозидів	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
2022	2,61	0,25	38,22	0,72	0,75	0,07	3,12	0,31	0,81	0,21	0,31	0,08	11,50	0,68
2023	3,03	0,47	37,91	0,89	0,63	0,05	3,23	0,25	0,93	0,24	0,51	0,07	13,18	0,61
2024	3,27	0,42	38,44	0,95	0,81	0,09	3,49	0,44	1,15	0,18	0,63	0,08	15,09	0,49
НІР ₀₅	0,37	–	1,55	–	0,09	–	0,32	–	0,21	–	0,11	–	1,17	–

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

Проведені зіставлення даних біохімічного складу редьки олійної до аналогічної біомаси ріпаку ярого, гірчиці білої, тифону, суріпиці ярої та озимої [1, 7, 9] у масиві багаторічних даних вказують на більший на 0,37% вміст фосфору, на 0,29% вміст калію, на 0,47% вміст кальцію та на 0,21% вміст сірки у порівнянні з аналогічними сидеральними масами у період їх осінніх строків вирощування та сидерального використання. Аналогічні результати отримані і в даних дослідженнях. Крім того слід відмітити і зміни біохімічних показників листостеблової маси даного строку використання залежно від рівня аридизації періоду від сходів до сидеральної ґрунтової імплементації сформованої маси. Враховуючи, що умови 2024 року мали мінімальний рівень зволоження за сумою опадів, що на фоні помірно високої середньодобової температури повітря (більше 13 °C) (рис. 1) – для цього року закономірно за рахунок зростання частки стресових білків [2] відмічено адекватне зростання вмісту сирого протеїні і, відповідно, загального азоту. Посушливі умови на фоні встановленого загального зниження сидеральної продуктивності редьки олійної щонайменше на 30% сформували на фоні зростання загальної зольності за рахунок саме підвищення вмісту калію, фосфору та кальцію, а також вмісту сірки.

З позиції високого вмісту кальцію як для групи хрестоцвітих видів рослин [16] сформована листостеблова маса редьки олійної є цінною у плані позитивного впливу на регулювання кислотності ґрунтів, а також формування засад зниження ризиків підвищення кислотності ґрунтового розчину при розкладенні сидеральної маси багатьох видів рослин [5, 6].

Важливим залишається високий вміст глюкозинолатів на рівні 13,3 мкмоль/г у середньому за період досліджень. Беручи до уваги, що цей компонент є основним з позиції формування біофумінаційного потенціалу хрестоцвітих видів сидератів [8], а також той факт, що даний потенціал є біологічно та технологічно відчутний при вмісті глюкозинолатів на рівні вже 10,0 мкмоль/г – сформовану листостеблову масу, хоч і з обмеженим ефектом за рахунок сидерального за стосунку сформованої маси на фоні низьких середньодобових температур та, відповідно, зниженої біологічної активності ґрунту – слід враховувати в ефекті біофумігаційного впливу на ґрунтовий профіль та можливі позитивні наслідки з огляду на встановлений позитивний вплив на зниження потенційного рівня забур'яненості ґрунтового профілю [7, 9].

Визначений високий вміст лігніну (у середньому за період досліджень понад 3,0% на абсолютно суху речовину) на фоні високого вмісту клітковини (понад 21,0% у тому ж виразі) формує стійкі передумови для повільного розкладання сформованої біомаси у ґрунті, що, як вказувалось, сприяє повільним темпам її мінералізації а відповідно більш тривалому ефекту впливу на ґрунтовий профіль з позитивної сторони сидеральних систем удобрення.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, за результатами трьохрічного циклу дослідження динаміки формування надземної та кореневої рослинної біомаси, оцінки цього показника в еквіваленті сухих речовин та комплексного біохімічного дослідження її складу на стадії досягнення максимального сидерального потенціалу редьку олійну можна з успіхом використовувати як потенційну сидеральну культуру за пізньоосінніх строків сидерального за стосунку на сірих лісових ґрунтах у варіанті проміжного сидерального насичення сівозмін. Перспективою подальших досліджень є оцінка біохімічної цінності сформованої кореневої біомаси за даного строку потенційного сидерального використання редьки олійної.

Список використаної літератури

1. 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.
2. Abdulraheem M.I., Tobe O.K. Green manure for agricultural sustainability and improvement of soil fertility. *Farming & Management*. 2022. Vol. 7. P. 1–8. DOI : 10.31830/2456-8724.2022.
3. 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. P. 2076. DOI:10.3390/agriculture12122076.
4. Jahanzad E., Barker A.V., Hashemi M., Eaton T., Sadeghpour A., Weis S.A. Nitrogen release dynamics and decomposition of buried and surface cover crop residues. *Agronomy Journal*. 2016. Vol. 108. №4. P. 1735–1741. DOI: 10.2134/agronj2016.01.0001.

5. Blanco-Canqui H., Mikha M.M., Presley D.R., Claassen M.M. Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. Vol. 75. P. 1471–1482. DOI:<https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0430>.
6. Gaudin A., Mitchell J., Westphal A., Williams N. Management and Benefits of Cover Crops in Almonds. ABC Report on Project STEWCROP7. 2020. 47 p.
7. Цицюра Я.Г., Цицюра Т.В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. 624 с.
8. Tsytsiura Y., Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Tkachuk O. Oilseed radish. Agro-potential in the system of green manure, biofumigation, phytoremedial and bioenergy use. Scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2025. 808 p.
9. Tsytsiura Y. 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*. 2024. Vol. 25. № 7. P. 265–285. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/188603>.
10. Сайко В.Ф. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами. К.: «Інститут землеробства НААН» 2011. 76 с.
11. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Fodder Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). 2017. TG/178/3, UPOV, Geneva. 19 p.
12. Карасюк І.М., Геркіял О.М., Недвига М. В. Агрохімічний аналіз ґрунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрономічної хімії. Навч. посібник. За ред. І. М. Карасюка. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2001. 192 с.
13. Лавринюк О.О., Бурлака В.А. Зоохімічний аналіз кормів. Хімічний та атомно-адсорбційний аналіз кормів: Навчальний практикум. За ред. В.А. Бурлаки. Житомир, 2016. 110 с.
14. AOAC. Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC, 2012. P. 101–130.
15. Rumsey D.J. Statistics For Dummies. 2nd Edition. John Wiley & Sons Inc. 2016. 408 p.
16. Clark A. Managing cover crops profitably. 3rd ed. National SARE Outreach Handbook Series Book 9. National Agricultural Laboratory, Beltsville, MD. 2007. URL: <http://www.sare.org/publications/covercrops.htm>) (дата звернення 20.11.2025)
17. Pen W., Du Z., Wang H., Lei S. Impact of mowing on plant regrowth under different resource conditions: Impact of mowing on plant regrowth under different resource conditions. *Chinese journal of eco-agriculture*. 2009. Vol. 17. №3. P. 436–442. DOI: 10.3724/SP.J.1011.2009.00436.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Tsytsiura Ya.H., Neilyk M.M., Didur I.M., Polishchuk M.I. (2022). Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsii suchasnykh system zemlerobstva [Green manuring as a fundamental component of the biological intensification of modern farming system]. Monohrafiia. Vinnytsia: Vydavets TOV «Druk» [in Ukrainian].
2. Abdulraheem M.I., Tobe O.K. (2022). Green manure for agricultural sustainability and improvement of soil fertility. *Farming & Management*. Vol. 7. P. 1–8. DOI: 10.31830/2456-8724.2022. [in English].
3. 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. DOI:10.3390/agriculture12122076. [in English].
4. Jahanzad E., Barker A.V., Hashemi M., Eaton T., Sadeghpour A., Weis S.A. (2016). Nitrogen release dynamics and decomposition of buried and surface cover crop residues. *Agronomy Journal*. 108(4), 1735–1741. DOI:10.2134/agronj2016.01.0001. [in English].
5. Blanco-Canqui H., Mikha M.M., Presley D.R., Claassen M.M. (2011). Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*. 75, 1471–1482. DOI:https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0430. [in English].
6. Gaudin A., Mitchell J., Westphal A., Williams N. (2020). Management and Benefits of Cover Crops in Almonds. ABC Report on Project STEWCROP7 [in English].
7. Tsytsiura Ya.H., Tsytsiura T.V. (2015). Redka oliina. Stratehiia vykorystannia ta vyroshchuvannia: monohrafiia [Oilseed Radish: Strategies for Use and Cultivation: Monograph]. Vinnytsia: TOV «Nilan LTD» [in Ukrainian].
8. 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 [in English].
9. 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*. 25 (7), 265–285. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/188603. [in English].
10. Saiko V. F. (2011). Osoblyvosti provedennia doslidzhen z khrestotsvitymy oliinymy kulturamy [Features of research with cruciferous oilseedseeds]. K.: «Instytut zemlerobstva NAAN» [in Ukrainian].
11. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Fodder Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). (2017). TG/178/3, UPOV, Geneva [in English].
12. Karasiuk I.M., Herkiial O.M., Nedvyha M.V. (2001). Ahrokhimichniy analiz gruntu, roslyn i dobryv na laboratornopraktychnykh zaniattiakh z ahronomichnoi

khimii: Navch. posibnyk [*Agrochemical Analysis of Soil, Plants, and Fertilizers in Laboratory and Practical Classes in Agronomic Chemistry: Textbook*]. Kyiv: ZAT «NICH LAVA» [in Ukrainian].

13. Lavryniuk O.O., Burlaka V.A. (2016). Zookhimichniy analiz kormiv. Khimichniy ta atomno-adsorbtsiyniy analiz kormiv: Navchalnyi praktykum. [*Zoochemical analysis of feeds. Chemical and atomic absorption analysis of feed: A training workshop*]. za red. V.A. Burlaky. Zhytomyr [in Ukrainian].

14. AOAC. (2012). Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC [in English].

15. Rumsey D.J. (2016). Statistics For Dummies. 2nd Edition. John Wiley & Sons Inc. [in English].

16. Clark A. (2007). Managing cover crops profitably. 3rd ed. National SARE Outreach Handbook Series Book 9. National Agricultural Laboratory, Beltsville, MD. URL: <http://www.sare.org/publications/covercrops.htm> (data zvernennia 20.11.2025) [in English].

17. Pen W., Du Z., Wang H., Lei S. (2009). Impact of mowing on plant regrowth under different resource conditions: Impact of mowing on plant regrowth under different resource conditions. *Chinese journal of eco-agriculture*. Vol. 17. №3. P. 436–442. DOI: 10.3724/SP.J.1011.2009.00436. [in English].

ANNOTATION

GREEN-MANURE PRODUCTIVITY OF OILSEED RADISH UNDER LATE-AUTUMN VEGETATION CONDITIONS

Over a three-year cycle of field studies, the green-manure potential of oilseed radish was assessed in terms of the efficiency and practical feasibility of its intermediate cultivation at late-autumn periods of green-manure biomass formation on grey forest soils under unfertilized conditions. The implemented assessment included both general parameters of weight and morphometric characteristics of the plants and their formation dynamics in the interval from 10 days after full emergence to 70 days before their intended green-manure incorporation.

The chemical composition of the leaf-stem biomass was examined and detailed according to a set of criteria, particularly from the standpoint of classical zootechnical indicators such as crude protein, fat, fiber, and ash content. The complete mineral composition was also considered, including the contents of phosphorus, potassium, calcium, and sulfur, which made it possible to analyze the potential effects of using this biomass as green manure and its possible positive impact on the soil profile and nutrient availability for subsequent crops under this green-manure option.

Additionally, based on the obtained structure of the chemical composition of the plant biomass, the potential dynamics of its decomposition in the soil were analyzed with regard to the rates of mineralization and immobilization of released macro- and microelements.

Generalizations were made regarding the role of hydrothermal conditions during the period of green-manure biomass formation on its chemical structure and the accumulation of several elements. The prospects of using this timing of green-manure incorporation within bio-fumigation technologies for soil rehabilitation and restoration of low-productive and agrochemically degraded soils were evaluated.

An assessment was conducted of the specific features of oilseed radish plant morphometry, including variations in the development and mass of the taproot system, and the formation of major vegetative organs in relation to the photoperiodic response of plants under gradually decreasing temperatures during the period of biomass accumulation for green-manure use.

General conclusions were made regarding the feasibility and potential of late-autumn green-manure agrocenoses of oilseed radish in the study area, and prospects were outlined for further research in the field of accompanying analysis of the green-manure value of the formed root biomass, as well as its possible influence on the soil fertility conditions of grey forest soils.

Keywords: oilseed radish, green manure, timing of green-manure incorporation, green-manure potential, catch crops, above-ground and root biomass, biochemical composition.

Table 2. Fig. 4. Lit. 17.

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, +380675854008, <https://orcid.org/0000-0002-9167-833X>).

Яковець Людмила Анатоліївна, кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин ВНАУ. (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3. e-mail: ludmila28334@gmail.com, +380982528334, <https://orcid.org/0000-0001-5283-7169>).

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, Sonyachna Street, build 5/42, e-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net, +380675854008, <https://orcid.org/0000-0002-9167-833X>).

Yakovets Liudmyla Anatoliivna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Botany, Genetics and Plant Protection at VNAU. (21008, Vinnytsia, 3 Sonyachna Street. e-mail: ludmila28334@gmail.com, +380982528334, <https://orcid.org/0000-0001-5283-7169>).

Надходження статті 21.10.25.

Прийнято 04.12.25.

Опубліковано 25.12.25.