

ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ У ЗНИЖЕННІ ЗАБУР'ЯННОСТІ ПОЛЯ ЗА ПРОМІЖНОГО (ЛІТНЬОГО) СИДЕРАЛЬНОГО ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

Цицюра Ярослав Григорович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
ORCID: 0000-0002-9167-833X
yaruslavtsytsyura@ukr.net

Досліджено та обґрунтовано доцільність та ефективність сидеральних систем землеробства у варіантах біологічного контролю рівня забур'яненості поля за використання варіанту проміжної (літньої) сидерації.

У десятирічному циклі досліджень (2014–2023) застосовано базові методичні підходи до оцінки як біопродуктивного потенціалу редьки олійної, так і міжнародні методики щодо оцінки загального рівня забур'яненості та фітоценологічного статусу облікованих видів бур'янів. Проаналізовано видову структуру бур'янів у агроценозі редьки олійної та оцінено його за такими показниками як щільність (D), частота появи (F , %), поширеність (Ab), відносна щільність (RD , %), відносна частота появи (RF , %), відносна поширеність (RAb , %), індекс значущості (IVI), сумарний коефіцієнт домінування (SDR), клас частот виду бур'янів ($F_{\text{с}}$). Оцінено результати післядії застосованої сидерації на кількісний та ваговий показник рівня забур'яненості ряду сільськогосподарських культур відповідно до схеми сівозміни.

Встановлено ефективність застосування редьки олійної у варіанті сидерації для контролю як видової структури відповідного агроценозу у рік сидерації, так і у варіанті технологічної післядії, особливо на просапній групі сільськогосподарських культур. Відмічено у співставленні до контролю без сидерації загальне зниження чисельності ярої ранньої групи бур'янів на 66,1 % за кількістю та 49,7% за масою, ярої пізньої групи на 37,7% (39,5%), зимуючої на 72,2% (63,6%) та багаторічної на 48,0% (46,8%) відповідно. Встановлено загальне зниження фітоценологічного статусу домінуючих видів бур'янів на 8,5–18,9% із зміною класу частоти виду ($F_{\text{с}}$) на один розряд та редукцію сумарного коефіцієнту домінування (SDR) на 23,7%. Доведено тісний достовірний обернений зв'язок між обсягом сформованої надземної біомаси на час заорювання сидерату із кількістю бур'янів ($r = -0,717$, $d_{xy} = 51,4\%$ при $p < 0,001$) та їх масою ($r = -0,677$, $d_{xy} = 45,8\%$ при $p < 0,001$). Аналогічний характер зв'язку встановлено між біопродуктивністю редьки олійної у рік сидерації та її післядією на наступні культури із рівнем детермінації на рівні 54,4% для кількості та 49,1% для маси бур'янів (при $p < 0,05$).

На підставі отриманих результатів рекомендовано редьку олійну як високопродуктивного та ефективного кандидата у системі літніх (проміжних) сидераційних технологій для контролю рівня сегетальної деградації поля.

Ключові слова: біопродуктивність, сидераційні технології, фітоценологічні показники, біологічні групи бур'янів, кількість бур'янів, маса бур'янів, рівень забур'яненості.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.2.10>

Вступ. Питання біоконтролю бур'янів, за використання різноманітних класичному гербіцидному контролю варіантів, є одним із головних напрямків сучасних агротехнологій. Такий підхід базується на кардинально новій парадигмі сільськогосподарського виробництва орієнтованій на максимально ошадливе ставлення до екології територій, забезпечення якості вирощеної продукції, збереження біорізноманіття фітоагроценозів та гарантування безпеки для ґрунтової мікро- та макробіоти (Carlesi et al., 2019; Vimantara et al., 2020; Bhaskar et al., 2021). Вказані підходи ґрунтуються на різноманітних варіантах від повної відмови від застосування гербіцидів і контролю бур'янистої рослинності за рахунок стимулювання відповідного природного потенціалу гербоконкуренції (Fikre & Mulatu, 2014; Cornelius & Bradley, 2017) до використання біоорганічних препаратів, які володіють відповідним гербіцидним ефектом та здатні, за істотно нижчого екологічного тиску на довкілля, обмежувати поширення відповідного виду сегетальної рослинності (Egbe et al., 2022; Emmiganur et al., 2022). У ракурсі визначених напрямків актуалізоване місце належить використанню проміжних культур

у сівозміні у якості проміжних культур кормового, сидерального та біоенергетичного напрямку (Brennan & Smith, 2005; Koehler-Cole et al., 2017; Alonso-Ayuso et al., 2020). Використання таких підходів базується на застосуванні принципу вегетативного домінування, який застосовують у форматі підвищених норм висіву звичайної рядкової сівби з можливим фоновим мінеральним удобренням (Lei et al., 2022). Це дозволяє сформувати оптимізовану високо конкурентоздатну надземну та кореневу фітомасу, яка функціонально, за відповідних умов, здатна інтенсивно пригнічувати розвиток бур'янів, формуючи домінуючий верхній ярус (Mishchenko & Zakharchenko, 2019; Liu et al., 2022). При цьому, успішність сидеральних технологій залежить від багатьох факторів, зокрема біологічного виду сидеральної культури, гідротермічних умов періоду вегетації, строків сівби і технологічних параметрів конструювання агроценозу відповідного сидерату та додаткового мінерального живлення у різних його варіантах (Mishchenko et al., 2019; Couëdel et al., 2019). Що стосується видів рослин, як оптимальних кандидатів для сидерації, то у базовому принципі майже всі

польові сільськогосподарські культури так чи інакше можуть бути застосовані для цього варіанту біоорганічних технологій (Ma et al., 2021; Pullens et al., 2021; Pál & Zsombik, 2024). Проте, для ефективної реалізації цілей сидерації підходять культури, які відносно толерантні до зміни строків сівби, володіють інтенсивною динамікою наростання вегетативної маси та здатні за короткий період формувати відповідно високий показник ґрунтового покриття (Utami et al., 2020; Sui et al., 2021; Niz et al., 2023). Крім того, важливим аспектом є біохімічний склад самої листостеблової маси, швидкість її розкладу у ґрунті, супутні позитивні риси такі як: біофумігаційний ефект, висока біологічна активність компонентів розкладу, алелопатичні особливості корисного характеру тощо (Puig et al., 2019; Zhao et al., 2024). Останні три компоненти забезпечують додаткові переваги у біологічному контролі інших видів рослин і бур'янів на відповідній площі за сумісного росту і розвитку з сидеральним видом (Álvarez-Iglesias et al., 2018; Lorenzo et al., 2022). Серед комплексу перерахованих бажаних рис хрестоцвіті види рослин вже досить довгий час використовуються як сидеральні культури і, зокрема, з позиції зниження забур'яненості поля в тому числі у варіанті біологічного їх контролю і зменшення поширеності з врахуванням сівозмінного чинника (Boydston & Hang, 1995; Al-Khatib et al., 1997; Nagamoto & Gallandt, 2004). Проте, про всю відносну опрацьованість цього питання, залишається комплекс невирішених питань як з позиції кліматичних змін, так і з позиції диверсифікації сівозмін, скорочення періоду повернення культур на попереднє поле, зростання частоти повторних та беззмінних посівів. Це призводить до необхідності додаткового вивчення питань особливостей спряженого розвитку рослин сидерату та різних видів бур'янів, які домінують на певних територіях та уточнення можливостей прогнозованого контролю рівня забур'яненості відповідної земельної ділянки чи поля з огляду на відповідні регулятивні чинники (Niz et al., 2023). Враховуючи вище викладене, метою наших досліджень було багаторічне вивчення ефективності та доцільності використання багатопрофільної хрестоцвітої культури редьки олійної (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) у технологіях сидерального її використання з позиції зниження чисельності і поширеності різних видів бур'янів у рамках розробки біоорганічних технологій ґрунтозбереження та ґрунтовідновлення, зниження сегетальної деградації ґрунтів та реалізації етапів виконання тематики з фінансуванням за кошти загального фонду державного бюджету «Розробка екологоорієнтованих технологій вирощування біоенергетичних культур для забезпечення енергонезалежності та ґрунтозбереження задля формування кліматичної нейтральності» (№ держреєстрації 0124U000483).

Матеріали і методи 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 дослідного поля: 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, pH_{ккл} 5.8.

Дослідження проводилось на сорті редьки олійної Журавка комбінованого використання (зелена маса–сидерація–насіння) на неодобреному фоні (з метою оцінки мінімально-вартісної технології застосування сидерації) із нормою висіву 2,5 млн схожих насінин/га звичайним рядковим способом (міжряддя 15 см). Досліджувався варіант проміжного (літнього) використання редьки олійної за сівби відразу після збирання попередника з проміжним комбінованим обробітком ґрунту (плоскоріз + ротаційне розпушування із вирівнюванням) на глибину 12–14 см у другій–третьій декаді липня при даті фенологічного досягнення оптимальної фази багатоконпонентного використання біомаси редьки олійної (фаза цвітіння (ВВСН 64–67) на другу–третю декаду жовтня. Контрольним був варіант без застосування сидерації. Сидерацію з позиції головного чинника поставленого на вивчення досліджували під такі культури сівозміни дослідного поля як кукурудза на зерно, соняшник, горох, соя, сорго, ярий ячмінь, яра пшениця, нут.

Для оцінки рівня забур'яненості та супутніх базових показників її оцінки перед заорюванням сидерату редьки олійної (фаза цвітіння редьки олійної ВВСН 64–67) та у агроценозі культур під які застосовувалась сидерація примінено методику обліку бур'янів за кількісними та фітоценологічними параметрами Європейської асоціації гербологів (EWRS) у 2012 році та прийнятою до застосування в Україні у 2013 році (Ivashchenko & Ivashchenko, 2019) з обліком у 50 облікових квадратах у 4-х повтореннях досліді площею кожен по 1 м² з розрахунком наступних показників (відповідно до Rana & Kumar, 2014; Zimdahl, 2018) за збереження їх міжнародної абрєвіатури (відповідно за формулами 1–8):

$$\text{Щільність (D)} \quad D = \frac{ TNI }{ TNQ } (1),$$

де: TNI – загальна кількість особин виду в усіх квадратах; TNQ – загальна кількість досліджених квадратів.

$$\text{Частота появи (F, \%)} \quad F = \frac{ TOI }{ TNQ } \cdot 100 (2)$$

де TOI – загальна кількість квадратів, в яких зустрічався вид.

$$\text{Поширеність (Ab)} \quad Ab = \frac{ TNI }{ TOI } (3)$$

$$\text{Відносна щільність (RD, \%)} \quad RD = \frac{ TNI }{ TNS } \cdot 100 (4),$$

де: TNS – чисельність особин усіх видів

$$\text{Відносна частота появи (RF, \%)} \quad RF = \frac{ TOI }{ TOAS } \cdot 100 (5),$$

де: TOAS – кількість траплянь всіх видів.

$$\text{Відносна поширеність (RAb, \%)} \quad RAb = \frac{ Ab }{ TAB } \cdot 100 (6)$$

де: TAB – сумарна чисельність усіх видів у всіх квадратах.

Індекс значущості (IVI, у числовому відношенні)
 $IVI = RD + RF + RAb$ (7)

Сумарний коефіцієнт домінування (SDR) $SDR = \frac{IVI}{3}$ (8)

На основі Raunkiaer (1934) визначено класи частоти видів бур'янів (F_{cl}). Відповідно було виділено п'ять класів частоти, а саме: клас «А» з частотою видів від 1 до 20%; клас «В» – 21–40%; клас «С» – 41–60%; клас «D» – 61–80% і клас «Е» – 81–100%. Крім того, порівнювалась структура частоти бур'янів зі звичайною структурою частоти: $A > B > C > D < E$. На основі частотної структури угруповання визначалась гомогенність та гетерогенність рослинності. Для високих В, С і D угруповання вважалося гетерогенним, а за високого Е – однорідним.

Для вивчення впливу сидерації із використанням редьки олійної на рівень забур'яненості агроценозів послідуєчих культур було застосовано ланки чергування культур у межах відділів дослідного поля представлені у табл. 1.

Видовий склад бур'янів визначали відповідно до державних класифікаторів-визначників України (Veselovsky et al., 1988). Латинські назви бур'янів уточнювали відповідно до європейських називних норм (Williams & Hupyadi, 1988). Класифікацію бур'янів проводили відповідно до загальноновизнаних критеріїв з огляду на тривалість їх життя, цикл розвитку, характер розмноження, поширення та тип забур'янення (Rana & Kumar, 2014).

Облік надземної біомаси рослин редьки олійної проводили на фазу повного цвітіння (ВВСН 64–67) у 4 рендомізованих ділянках методом пробних майданчиків площею 1 м² у кожному повторенні (16 ділянок у підсумку) з наступним зважуванням на лабораторних вагах. Облік сформованої маси бур'янів проводили паралельно з обліком надземної маси редьки шляхом відбору бур'янистих видів із облікового снопа загальної біомаси із розподілом на біологічні групи та послідуєчим зважуванням. Дослідні ділянки було сформовано у чотирьохразовій повторності методом дрібноділянкової рендомізації (загальна площа ділянки 35 м² облікова площа ділянки 30 м²).

Оцінка погодних умов за період 2014–2023 рр. проводилася на основі гідротермічного коефіцієнту (ГТК) відповідно до рівняння 9, індексу посушливості (I_n) відповідно до рівняння 10, коефіцієнту зволоження (K_3) відповідно до рівняння 11:

$$ГТК = \frac{\sum R}{0.1 \times \sum t_{>10}} \quad (9)$$

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

$$I_n = \frac{12P_{оп}}{T_{сеп.} + 10}, \quad (10)$$

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

$$K_3 = \frac{P}{E}, \quad (11)$$

де: K_3 – коефіцієнт зволоження; P – сума опадів за аналізований період, мм; E – випаровуваність за аналізований період ($E = 0,0018 \times (25 + t)^2 \times (100 - a)$), мм,

де: E – випаровуваність рослин для певного періоду, мм; t – середня температура повітря за період, °С; a – середня за аналізований період вологість повітря, %. 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 (Tsytysura, 2020 а) роки досліджень було розміщено у наступному порядку зростання сприятливості ростових процесів з огляду на розподіл гідротермічних ресурсів за феностадіями розвитку рослин редьки олійної 2015–2021–2019–2016–2023–2014–2020–2018–2017–2022. Показники варіаційної статистики при обробці отриманих даних визначали за загальноприйнятою методикою розрахунку в статистичних програмах Statistica 10 (StatSoft – Dell Software Company, США). У дослідженнях було застосовано кореляційно-регресійний та дисперсійний методи аналізу відповідно до стандартних схем (Wong, 2018). Ступінь інтегрального зв'язку з основними показниками базових факторів системи дослідження оцінювали за значенням коефіцієнта детермінації зв'язку (рівняння 12):

$$d_{yx} = r_{ij}^2 \times 100 \quad (12),$$

де r_{ij} – коефіцієнт кореляції між i -м та j -м показником.

Результати. За результатами багаторічного моніторингу видового різноманіття забур'яненості агроценозу

Таблиця 1

Схема сидерального застосування редьки олійної у межах ротації культур дослідного поля, 2013–2023 рр.

Роки вирощування					
2013–2017	2018	2018–2020	2021	2022	2023
Озима пшениця + редька олійна післяжнивню – Сорго на зерно та з/к + редька олійна післяжнивню – Ярий ячмінь + редька олійна післяжнивню – Горох + редька олійна післяжнивню – Кукурудза на зерно	Горох + редька олійна післяжнивню – Соя	Горох + редька олійна післяжнивню – Яра пшениця + редька олійна післяжнивню – Соняшник	Яра пшениця + редька олійна післяжнивню – Соя	Горох озимий + редька олійна післяжнивню – Нут	Озиме тритикале + редька олійна післяжнивню – Кукурудза

Показники гідротермічного забезпечення періоду вегетації редьки олійної сорту Журавка за проміжної (літньої) сидерації, 2014–2023 рр.

Рік	Сума опадів, мм (VII-X)	t _{ср} , °C (VII-X)	Місяці періоду вегетації											
			VII			VIII			IX			X		
			ГТК	I _n	K ₃	ГТК	I _n	K ₃	ГТК	I _n	K ₃	ГТК	I _n	K ₃
2014	250,8	15,4	1,31	32,7	0,77	1,05	26,0	0,51	1,25	25,7	0,56	1,77	35,8	0,93
2015	160,8	16,6	0,32	8,1	0,14	0,12	3,1	0,05	1,18	26,8	0,63	3,04	49,4	1,25
2016	212,7	15,6	1,06	26,5	0,55	0,90	22,0	0,43	0,01	2,5	0,05	0,55	63,4	2,45
2017	318,0	16,0	1,52	37,5	0,72	0,82	20,7	0,38	3,10	61,2	1,57	1,07	30,0	1,26
2018	273,4	16,4	2,16	53,4	1,63	0,59	14,6	0,30	1,38	27,2	0,71	0,87	27,6	0,95
2019	161,7	16,0	1,01	24,4	0,56	0,24	5,9	0,11	0,99	20,7	0,42	0,38	27,4	0,93
2020	245,4	17,6	0,59	14,7	0,31	0,53	13,2	0,22	0,86	27,5	0,54	2,54	60,6	3,05
2021	176,9	15,4	0,78	20,1	0,45	1,46	35,7	0,91	0,71	17,6	0,51	0,00	1,7	0,04
2022	436,6	16,0	0,90	22,4	0,58	1,71	43,1	1,06	4,96	98,1	2,60	3,17	51,4	1,50
2023	247,1	18,3	1,41	35,8	0,82	0,65	16,9	0,36	1,01	23,4	0,63	1,03	29,9	0,93

редьки олійної виявлено загалом 48 видів бур'янів з їх класифікуючою належністю до 45 родів. При цьому, слід відмітити певну сталість показника у середньобагаторічному обліку як за період 2013–2018 рр. (Tsytsiura, 2020b), так і за загальний період оцінки агроценозу редьки олійної сформованого для послідувального сидерального використання (табл. 3). Що стосується аналізу формування видового різноманіття у конкретні роки аналізу, то даний показник залежав від гідротермічних умов періоду вегетації. Це підтверджується значенням присутності окремих видів бур'янів у сидераційному ценозі редьки олійної на фазу цвітіння для умов найбільш стресового року за зволоженням (2015 рік) та року із максимальною кількістю опадів (2022 рік). За цих умов встановлено, що стресові роки, маючи негативний вплив на інтенсивність наростання вегетативної маси рослин редьки олійної та відповідно знижений гербоконкуруючий потенціал, формують агроценоз із вищим рівнем забур'яненості, ніж це було характерно для умов оптимізації ростових процесів редьки олійної та забезпечення паритетних умов спряженого розвитку культурних рослин та бур'янів на одиниці облікової площі. Серед видів були найбільш поширені представники родини *Asteraceae*, *Brassicaceae* і *Roaceae* – в цілому 40–50% у загальній структурі співвідношення.

У ході багаторічних оцінок в агроценозі редьки олійної на фазу цвітіння за загального домінування рослин редьки олійної нижній та верхній ярус стеблостою редьки олійної (15–60 см) був представлений такими видами бур'янів (табл. 4): *Elytrigia repens* (L.) Gould, *Equisetum arvense* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Polygonum scabrum* Moench, *Setaria glauca* L., *Setaria viridis* L., *Lamium purpureum* L., *Thlaspi arvense* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic., *Stellaria media* L. Перебували в одному висотному ярусі з рослинами редьки олійної такі бур'яни як *Brassica campestris* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Sinapis arvensis* L., *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L.,

Echinochloa crus-galli L., *Galium aparine* L., *Barbarea vulgaris* R. Br., *Convolvulus arvensis* L.. Домінуючу роль в ценозі, за висотним градієнтом, займали такі бур'яни як *Sonchus arvensis* L., *Cirsium arvense* L., *Lactuca tataricia* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L. Слід також відмітити, що характер видового та родового забур'янення поля мав істотні відмінності як у співставленні показників для контрольного варіанту, так і варіанту із вирощуванням сидеральної редьки олійної. Це узгоджується із характером формування генеративної стадії основних груп бур'янів і з особливостями формування бур'янистих синузій впродовж періоду вегетації для умов Лісостепу правобережного України (Ivashchenko & Ivashchenko, 2019) та узгоджується з даними багаторічного моніторингу стану забур'яненості агрофітоценозів дослідного поля Вінницького НАУ (Pelekh, 2018). Слід також відмітити, що за оптимальних умов формування надземної біомаси загальне видове скорочення рівня забур'яненості склало 26,0%, а родове – 28,6% у межах однорічного періоду спостережень. Характер видової забур'яненості варіантів дослідження деталізовано у таблиці 4. На підставі представлених даних, застосування сидерального утримання поля за рахунок проміжної літньої сидерації дозволяє скоротити рівень поширеності ряду видів бур'янів більше ніж у 6 разів. При цьому за показником частота появи (F, %) застосування даного варіанту дозволило скоротити середній багаторічний показник по агрофітоценозу в цілому від 24,0% на контролі до 12,65% у варіанті сидерального утримання площі, тобто майже у двічі. Найбільш стійкими гербоконкуруючими видами по відношенню до рослин редьки олійної за сумарним коефіцієнтом домінування (SDR) з оцінкою варіантів сидерального утримання поля у порядку зростання потенційного фітоценологічного тиску в єдиному агрофітоценозі були: Будяк акантовидний (*C. acanthoides* L.) – Злінка канадська (*E. canadensis* L.) – Ромашка непахуча (*T. inodorum* L.) – Березка польова (*C. arvensis* L.) – Гірчак шорсткий (*P. scabrum* M.) – Галінсога дрібноквіткова

Видово-родовий спектр бур'янів в агроценозах редьки олійної сорту Журавка на фазу цвітіння (ВВСН 64–67) перед заорюванням сидерату для найбільш посушливого (2015) та найбільш вологого (2022) років зволоження

Родина	Кількість облікованих видів, шт.				Структура, %				Кількість облікованих родів, шт.				Структура, %			
	2015		2022		2015		2022		2015		2022		2015		2022	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Asteraceae	10	9	9	7	18,5	18,8	18,0	18,9	10	8	9	7	17,2	16,3	16,1	17,5
Brassi-caceae	8	7	7	6	14,8	14,6	14,0	16,2	11	10	10	7	19,0	20,4	17,9	17,5
Рoaceae	7	7	6	5	13,0	14,6	12,0	13,5	8	7	7	5	13,8	14,3	12,5	12,5
Boragi-naceae	6	5	6	5	11,1	10,4	12,0	13,5	5	5	5	5	8,6	10,2	8,9	12,5
Caryophyllaceae	5	5	5	5	9,3	10,4	10,0	13,5	5	4	5	4	8,6	8,2	8,9	10
Fabaceae	5	4	5	3	9,3	8,3	10,0	8,1	6	4	7	6	10,3	8,2	12,5	15
Chenopodiaceae	6	5	5	3	11,1	10,4	10,0	8,1	6	5	6	3	10,3	10,2	10,7	7,5
Euphorbiaceae	3	3	3	2	5,6	6,3	6,0	5,4	4	3	4	2	6,9	6,1	7,1	5
Lamiaceae	4	3	4	1	7,4	6,3	8,0	2,7	3	3	3	1	5,2	6,1	5,4	2,5
Всього	54	48	50	37	100	100	100	100	58	49	56	40	100	100	100	100

Примітка: 1 – контрольний варіант; 2 – варіант вирощування сидеральної маси.

Таблиця 4

Фітоценологічні ознаки бур'янів на ділянках вирощування сидеральної маси редьки олійної в середньому на фазу цвітіння (ВВСН 64–67) (для загальної річної кількості облікових квадратів 50 площею 1м² (у середньому за 2014–2023 рр.))

Види бур'янів	Ab	D	F	Fcl	RAb	RD	RF	MI	SDR
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Талабан польовий (<i>Thlaspi arvense</i> L.)	1,14	0,29	25,0	B	0,97	0,67	2,17	3,81	1,27
	0,89	0,05	5,66	A	0,73	0,24	0,95	1,91	0,64
Льонок звичайний (<i>Linaria vulgaris</i> Milk.)	1,00	0,11	11,0	A	0,85	0,26	0,96	2,06	0,69
	0,52	0,00	0,66	A	0,41	0,02	0,11	0,53	0,18
Квасениця прямостояча (<i>Xanthoxalis fontana</i>)	1,24	0,16	12,6	A	1,05	0,36	1,09	2,51	0,84
	0,52	0,00	0,66	A	0,42	0,02	0,11	0,54	0,18
Суріпиця звичайна (<i>Barbarea vulgaris</i> R.Br.)	1,41	0,37	26,6	B	1,20	0,87	2,31	4,38	1,46
	0,69	0,02	2,78	A	0,57	0,09	0,47	1,13	0,38
Морква дика (<i>Daucus carota</i> L.)	1,28	0,15	11,4	A	1,09	0,34	0,99	2,42	0,81
	0,36	0,01	1,66	A	0,30	0,03	0,28	0,61	0,20
Липучка їжакова (<i>Lappula squarrosa</i> (Retz.) Dumort)	1,26	0,10	7,6	A	1,07	0,22	0,66	1,96	0,65
	0,82	0,01	0,66	A	0,71	0,03	0,11	0,85	0,28
Кропива глуха пурпурова (<i>Lamium purpureum</i> L.)	1,60	0,14	9,0	A	1,36	0,34	0,78	2,48	0,83
	1,52	0,03	2,00	A	1,34	0,14	0,34	1,82	0,61
Гикавка сіра (<i>Berteroa incana</i> L.)	1,51	0,11	7,0	A	1,29	0,25	0,61	2,14	0,71
	1,59	0,01	0,34	A	1,48	0,03	0,06	1,56	0,52
Вероніка плющоліста (<i>Veronica hederifolia</i> L.)	1,58	0,14	8,6	A	1,34	0,32	0,75	2,41	0,80
	1,59	0,01	0,34	A	1,47	0,03	0,06	1,55	0,52
Будяк акантовидний (<i>Carduus acanthoides</i> L.)	3,42	0,42	12,4	B	2,91	0,99	1,08	4,98	1,66
	2,71	0,11	4,00	A	2,50	0,52	0,67	3,68	1,23
Хрінниця смердюча (<i>Lepidium ruderale</i> L.)	2,11	0,27	12,6	A	1,80	0,62	1,09	3,51	1,17
	1,75	0,05	2,66	A	1,62	0,22	0,45	2,29	0,76
Злинка канадська (<i>Erigeron canadensis</i> L.)	2,22	0,52	23,4	A	1,89	1,21	2,03	5,14	1,71
	2,37	0,13	5,34	A	2,19	0,60	0,90	3,69	1,23
Редька дика (<i>Raphanus raphanistrum</i> L.)	2,05	0,25	12,4	A	1,74	0,59	1,08	3,41	1,14
	1,07	0,05	4,34	A	0,99	0,22	0,73	1,94	0,65

Щириця жминдовидна (<i>Amaranthus Blifoides</i> S. Wats.)	1,02	0,09	8,4	A	0,87	0,20	0,73	1,80	0,60
	1,75	0,05	2,66	A	1,62	0,22	0,45	2,29	0,76
Очка курячі польові (<i>Anagallis arvensis</i> L.)	1,44	0,14	10,0	A	1,22	0,34	0,87	2,43	0,81
	1,60	0,11	6,66	A	1,47	0,51	1,12	3,10	1,03
Капуста польова (<i>Brassica campestris</i> L.)	1,38	0,32	23,4	A	1,18	0,76	2,03	3,97	1,32
	1,97	0,20	10,34	A	1,82	0,97	1,74	4,54	1,51
Полин звичайний (<i>Artemisia vulgaris</i> L.)	2,04	0,20	9,6	A	1,74	0,46	0,83	3,03	1,01
	1,61	0,04	2,66	A	1,48	0,20	0,45	2,14	0,71
Полин гіркий (<i>Artemisia absinthium</i> L.)	1,31	0,11	8,4	A	1,11	0,26	0,73	2,10	0,70
	4,00	0,03	0,66	A	3,69	0,13	0,11	3,93	1,31
Кульбаба лікарська (<i>Taraxacum officinale</i>)	1,27	0,35	27,6	B	1,08	0,82	2,40	4,29	1,43
	1,28	0,06	5,00	A	1,18	0,31	0,84	2,33	0,78
Осот рожевий польовий (<i>Cirsium arvense</i> L.)	5,85	3,02	51,6	C	4,98	7,05	4,48	16,51	5,50
	5,58	2,27	40,66	C	5,15	10,81	6,86	22,81	7,60
Осот жовтий польовий (<i>Sonchus arvensis</i> L.)	1,51	0,60	39,6	B	1,28	1,39	3,44	6,11	2,04
	1,63	0,43	26,34	B	1,51	2,05	4,44	8,00	2,67
Березка польова (<i>Convolvulus arvensis</i> L.)	2,38	0,68	28,6	B	2,02	1,59	2,48	6,09	2,03
	1,49	0,33	22,34	B	1,37	1,58	3,77	6,72	2,24
Хвощ польовий (<i>Equisetum arvense</i> L.)	2,05	0,34	16,4	A	1,74	0,78	1,42	3,95	1,32
	4,27	0,10	2,34	A	3,94	0,48	0,39	4,81	1,60
Свинорій пальчастий (<i>Cynodon dactylon</i> L.)	1,93	0,34	17,4	A	1,64	0,78	1,51	3,94	1,31
	2,46	0,11	4,34	A	2,27	0,51	0,73	3,51	1,17
Деревій звичайний (<i>Achillea millefolium</i> L.)	1,60	0,23	14,4	A	1,36	0,54	1,25	3,15	1,05
	2,38	0,06	2,66	A	2,20	0,30	0,45	2,95	0,98
Пирій повзучий (<i>Elytrigia repens</i> L.)	3,49	2,64	75,6	D	2,97	6,17	6,57	15,70	5,23
	2,63	1,38	52,66	C	2,42	6,59	8,88	17,89	5,96
Сокирки польові (<i>Consolida regalis</i> L.)	1,60	0,31	19,6	A	1,36	0,73	1,70	3,80	1,27
	1,32	0,07	5,00	A	1,22	0,32	0,84	2,38	0,79
Ромашка непахуча (<i>Tripleurospermum inodorum</i> L.)	1,85	0,86	46,6	C	1,58	2,02	4,05	7,64	2,55
	1,89	0,39	20,34	B	1,75	1,82	3,40	6,97	2,32
Жовтозілля весняне (<i>Senecio vernalis</i> Waldst)	1,46	0,32	21,6	A	1,24	0,74	1,88	3,86	1,29
	1,34	0,04	3,00	A	1,24	0,19	0,50	1,93	0,64
Латук татарський (<i>Lactuca tatarica</i>)	1,91	0,49	25,6	B	1,63	1,14	2,22	5,00	1,67
	1,58	0,07	4,66	A	1,46	0,35	0,78	2,59	0,86
Грицики звичайні (<i>Capsella bursa pastoris</i> L.)	2,15	0,52	24,0	B	1,83	1,21	2,08	5,12	1,71
	1,13	0,21	18,66	A	1,05	1,01	3,14	5,19	1,73
Волошка синя (<i>Centaurea cyanus</i> L.)	1,33	0,19	14,6	A	1,13	0,45	1,27	2,85	0,95
	2,26	0,02	1,00	A	2,09	0,11	0,17	2,37	0,79
Портулак городній (<i>Portulaca oleraceae</i> L.)	1,63	0,10	6,4	A	1,39	0,24	0,56	2,19	0,73
	1,24	0,08	6,70	A	1,15	0,40	1,13	2,67	0,89
Галінсога дрібноквіткова (<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.)	1,92	0,97	50,4	C	1,64	2,27	4,38	8,28	2,76
	1,08	0,36	33,00	B	1,00	1,70	5,55	8,25	2,75
Шпергель звичайний (<i>Spergula vulgaris</i> Boenn.)	1,56	0,13	8,6	A	1,33	0,31	0,75	2,39	0,80
	1,78	0,02	1,00	A	1,65	0,08	0,17	1,90	0,63
Щириця звичайна (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	4,18	3,16	75,6	D	3,56	7,38	6,57	17,50	5,83
	2,46	1,48	60,34	D	2,27	7,06	10,14	19,48	6,49
Спориш звичайний (<i>Polygonum aviculare</i> L.)	1,63	0,14	8,6	A	1,38	0,33	0,75	2,46	0,82
	2,66	0,03	1,00	A	2,46	0,13	0,17	2,76	0,92
Осот жовтий городній (<i>Sonchus oleraceus</i> L.)	1,23	0,25	27,4	B	1,04	0,58	1,77	3,40	1,13
	1,19	0,25	21,00	B	1,11	1,18	3,46	5,75	1,92
Гірчак шорсткий (<i>Polygonum scabrum</i> M.)	2,40	0,92	38,4	B	2,04	2,15	3,34	7,52	2,51
	1,77	0,40	22,66	B	1,64	1,89	3,73	7,27	2,42
Плоскуха звичайна (<i>Echinochloa crus-galli</i> L.)	2,64	1,99	75,6	D	2,24	4,66	6,57	13,47	4,49
	2,71	1,54	56,66	C	2,52	7,28	9,33	19,13	6,38
Мишій зелений (<i>Setaria viridis</i> L.)	1,41	0,43	30,6	A	1,21	1,01	2,66	4,87	1,62
	2,88	0,66	23,00	B	2,68	3,14	3,79	9,61	3,20

Мишій сизий (<i>Setaria glauca</i> L.)	20,85	13,84	66,4	D	17,73	32,33	5,77	55,83	18,61
	9,88	5,34	54,00	C	9,18	25,27	8,90	43,35	14,45
Підмаренник чіпкий (<i>Galium aparine</i> L.)	1,78	0,16	9,0	A	1,51	0,37	0,78	2,67	0,89
	1,62	0,08	4,78	A	1,50	0,37	0,79	2,66	0,89
Лобода біла (<i>Chenopodium album</i> L.)	8,47	4,91	58,0	C	7,20	11,47	5,04	23,70	7,90
	10,05	4,09	40,66	C	9,33	19,35	6,70	35,39	11,80
Гірчиця польова (<i>Sinapis arvensis</i> L.)	3,55	0,43	12,0	A	3,02	0,99	1,04	5,06	1,69
	1,39	0,07	4,72	A	1,29	0,31	0,78	2,38	0,79
Гірчак березковидний (<i>Polygonum convolvulus</i> L.)	0,88	0,08	8,6	A	0,75	0,18	0,75	1,68	0,56
	2,40	0,04	1,78	A	2,23	0,20	0,29	2,73	0,91
Тонконіг однорічний (<i>Poa annua</i> L.)	0,93	0,08	8,6	A	0,79	0,19	0,75	1,72	0,57
	3,58	0,02	0,66	A	3,32	0,11	0,11	3,54	1,18
Зірочник середній (<i>Stellaria media</i> L.)	2,13	0,26	12,0	A	1,81	0,60	1,04	3,45	1,15
	1,85	0,18	9,70	A	1,72	0,85	1,60	4,16	1,39

Примітка: * – контрольний варіант; ** – сидеральне утримання поля.

(*G. parviflora* Cav.) – Мишій зелений (*S. viridis* L.) – Осот жовтий польовий (*S. arvensis* L.) – Осот рожевий польовий (*C. arvense* L.) – Пірій повзучий (*E. repens* L.) – Плоскуха звичайна (*E. crus-galli* L.) – Щириця звичайна (*A. retroflexus* L.) – Лобода біла (*Ch. album* L.) – Мишій сизий (*S. glauca* L.).

На підставі наведених даних перед заорюванням сидеральної маси редьки олійної у її агроценозі домінували представники ярої ранньої групи у вегеточому стані та ярої пізньої групи у різних життєвих циклах від вегетативного до репродуктивно-генеративного (табл. 5). Що стосується ценотичного домінування то воно цілком належатиме багаторічним видам із родини злакових та айстрових.

Так, у середньому за період обліків, на біологічну групу ярих ранніх припадало 27,6% у зведеній структурі, на ярі пізні – 53,5% на зимуючі – 7,9% та на багаторічні – 11,0%. За рахунок застосування сидерального утримання поля різниця у загальній кількості забезпечила зменшення показника на 49,1% за зміни їх видової структури (ярі ранні 19,0%, ярі пізні 65,5%, зимуючі 4,3% та багаторічні – 11,2%). Тобто за загальної зміни кількості бур'янів на одиниці площі за структурною відмічено істотне зростання ярої пізньої групи бур'янів на фоні менш суттєвого зростання багаторічних видів. Це узгоджується із результатами оцінки окремих фітоценологічних параметрів поведінки облікованих видів бур'янів на контрольному та сидеральному варіантах дослідження. Сира маса бур'янів адекватно співвідносилась із їх кількістю за деяким відхиленням для ярої пізньої групи та багаторічних видів, що пояснюється загальним зниженням фітоценологічного тиску інших груп бур'янів у загальному ценозі за рахунок впливу рослин олійної редьки, що сприяє формуванню краще розвиненої архітектоники та оптимізації життєвої стратегії самих рослин бур'янів (Ivashchenko & Ivashchenko, 2019). Вегетативна маса сформована редькою олійною різнилася по роках за рахунок впливу гідротермічного режиму періоду вегетації і коливалась від 9,49 до 24,77 т/га (табл. 6). У підсумку, за десятирічний період даний показник склав у сирій масі 18,34 т/га (міжрічне варіювання 32,80%) та у сухій речовині 5,50 т/га (38,95%).

Проведений регресійно-кореляційний аналіз впливу величини сформованої надземної біомаси рос-

лин редьки олійної (рис. 1) засвідчив високу обернену залежність біопродуктивності рослин редьки олійної та рівня забур'яненості поля у варіанті сидерального утримання. Встановлено також обернену тісну залежність між сформованою надземною біомасою редьки олійної та кількістю бур'янів на 1 м² (детермінація ознаки 51,40%) та масою бур'янів на 1 м² (детермінація ознаки 45,85%). Різниця у силі зв'язку між даними показниками і сформованою біомасою свідчить про вже згадану відмінність між кількісним та віталітетним виразом забур'яненості агроценозу з огляду на зростання морфометричних і вагових характеристик рослин бур'янів за зниження загальної чисельності інших видів сегетальної рослинності.

Позитивним був також вплив проміжного сидерального використання редьки олійної і на рівень забур'яненості послідовних вирощуваних культур у сівозміні (табл. 7). За результатами багаторічної оцінки, застосування проміжної сидерації забезпечило істотно нижчу забур'яненість наступних культур у сівозміні із середнім значенням редукції кількісної забур'яненості 1 м² на рівні 32,1% а вагової забур'яненості 1 м² на рівні 29,6%.

Слід відмітити при цьому видові відмінності і в рівневі забур'янення відповідних агроценозів сільськогосподарських культур та вплив гідротермічних умов як на загальну забур'яненість на контрольному варіанті, так і на ефективність застосування сидерації. Це підтверджується результатами регресійного аналізу між біопродуктивністю редьки олійної як проміжного попередника у сівозміні та відповідними показниками поширеності сегетальної рослинності в агроценозах відповідних культур (рис. 2).

Відповідно до представлених даних встановлено тісну обернену залежність до основних параметрів забур'янення у середньому по групі сільськогосподарських культур із рівнем детермінації залежності за кількістю бур'янів на рівні 54,38% та 49,13% за їх масою відповідно.

Обговорення. Результати обліку загальної продуктивності редьки олійної за проміжної (літньої) сидерації на рівні 10–25 т/га у сирій масі дають підстави віднести редьку олійну до високопродуктивних культур багаточи-

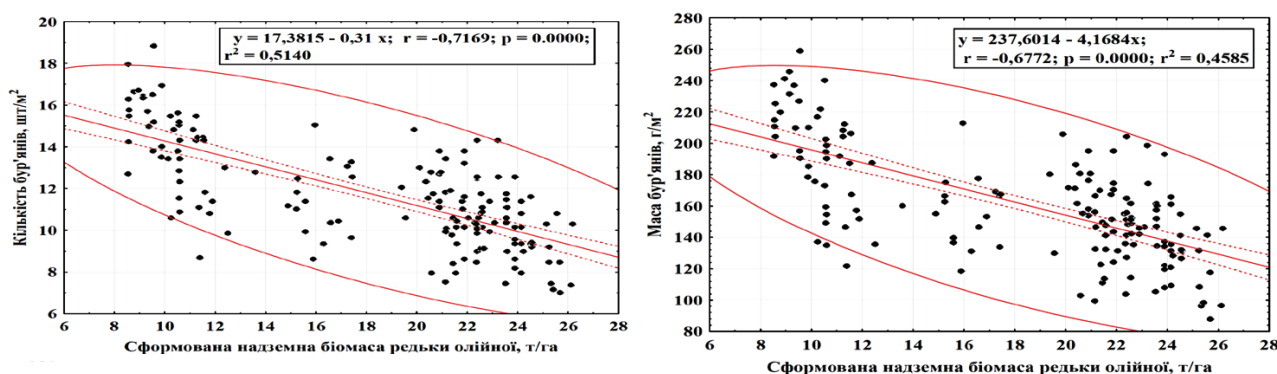
Структура біологічних груп бур'янів за різних варіантів утримання поля (для загальної річної кількості облікових квадратів 50 площею 1м² (у середньому за 2014–2023 рр.))

Варіант	Кількість бур'янів біологічних груп, шт./м ²					Маса бур'янів біологічних груп, г/м ²				
	ярі ранні	ярі пізні	зимуючі	багато-річні	всього	ярі ранні	ярі пізні	зимуючі	багато-річні	всього
Контроль	6,3	12,2	1,8	2,5	22,8	84,7	114,8	39,8	63,9	303,2
Сидерація	2,2	7,6	0,5	1,3	11,6	42,6	69,4	14,5	34,7	161,2
<i>НІР</i> ₀₅	1,9	1,5	1,1	0,5	3,7	11,9	18,7	5,6	4,2	32,3

Таблиця 6

Показники біопродуктивності редьки олійної за її проміжного (літнього) сидерального використання на фазу цвітіння (ВВСН 64-67), 2014–2023 рр.

Роки досліджень	Сформована сира листостеблова маса, т/га	Вміст сухої речовини у листостебловій масі, %	Сформована листостеблова маса у сухій речовині, т/га
2014	22,21	15,17	3,37
2015	9,49	17,52	1,66
2016	21,05	15,97	3,36
2017	23,79	14,27	3,39
2018	23,12	14,91	3,45
2019	10,11	17,15	1,73
2020	11,29	16,08	1,82
2021	16,22	16,83	2,73
2022	24,77	13,43	3,33
2023	21,39	15,75	3,37
Середнє	16,8 ± 7,7	14,4 ± 4,6	2,6 ± 1,1
<i>НІР</i> _{0,5}	1,29	1,11	0,27

Рис. 1. Залежність кількості бур'янів (верхня позиція) та їх маси (нижня позиція) в агроценозі редьки олійної у варіанті проміжного сидерального її вирощування залежно від сформованої нею надземної біомаси (у єдиному масиві даних повторення–рік (для $N = 160$) за період 2014–2023 рр.)

льового використання, у тому числі, і для сидеральних технологій. Даний рівень біопродуктивності за літнього культивування редьки олійної також підтверджено як в останніх вітчизняних (Lysianskyi, 2018; Mishchenko & Zakharchenko, 2019; Mishchenko et al., 2019), так і ряді зарубіжних досліджень (Bhogal et al., 2019; Quintarelli et

al., 2022; Lövgren, 2022) де відмічається інтервал можливої її біопродуктивності на рівні від 10 до 50 т/га сирової біомаси. При цьому, у даних дослідженнях відмічається перспективність застосування редьки олійної у форматі біосидерального використання за рахунок її належності до групи хрестоцвітих культур із супутніми ознаками

Вплив застосування проміжної сидерації редькою олійною на рівень забур'яненості наступних сільськогосподарських культур (на дату до застосування гербіцидів), 2014–2023 рр.

Варіант	Одиниці обліку	Послідуючі культури після сидерації									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		Сорго зернове	Ярий ячмінь	Горох	Кукурудза	Соя	Яра пшениця	Соняшник	Соя	Нут	Кукурудза
Контроль	шт./м ²	28,5	35,5	25,3	35,8	19,5	29,8	27,2	21,5	29,3	28,8
	г/м ²	494,5	545,5	408,9	556,9	369,8	465,8	424,9	275,4	494,2	421,7
Сидерація	шт./м ²	15,2	27,5	17,3	20,5	12,9	21,7	20,8	18,3	17,1	19,5
	г/м ²	179,3	485,3	254,7	330,4	201,9	390,2	319,8	249,6	288,2	290,3
НІР ₀₅ шт./м ²		3,4	2,7	3,5	4,7	4,1	4,8	3,1	5,2	4,4	3,5
НІР ₀₅ г/м ²		47,8	34,5	31,8	50,2	49,3	56,2	40,8	41,9	39,7	60,1

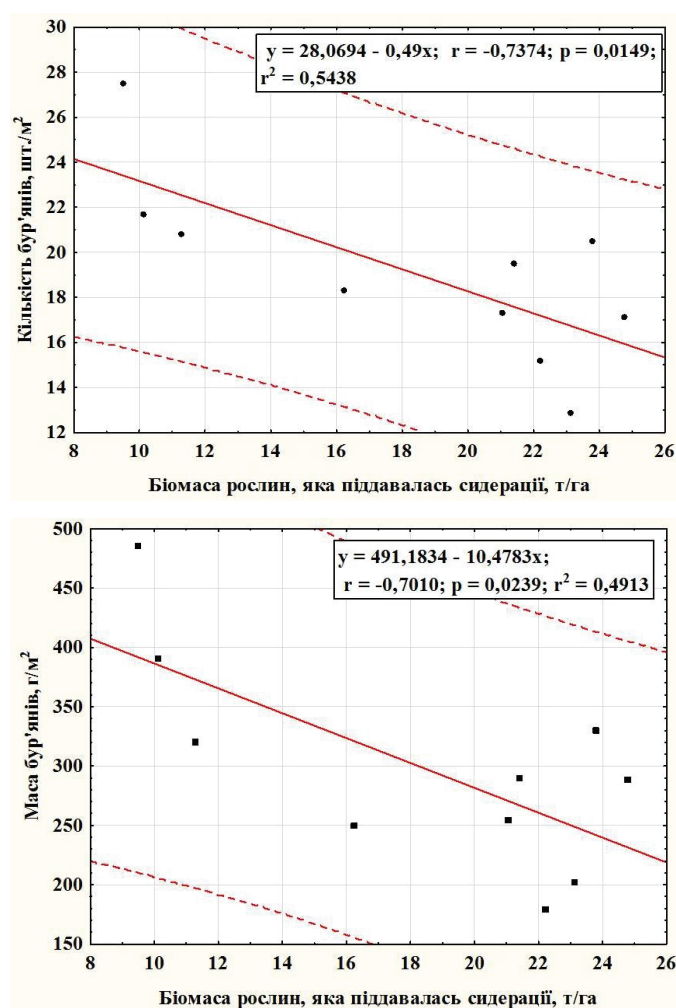


Рис. 2. Усереднена залежність рівня забур'яненості сільськогосподарських культур у кількісному (верхня позиція) та ваговому (нижня позиція) виразі від величини сформованої нею надземної біомаси, 2014–2023 рр.

високих темпів формування надземної біомаси з фітофумігаційними властивостями та швидкими темпами її розкладу у ґрунтах різного потенціалу родючості. В той же час відмічено (Kemper et al., 2020) швидкі темпи наростання надземної біомаси редьки олійної за 40 діб після повних сходів рослин та супутнього формування кореневої біомаси (частки кореневої біомаси у загальній фітомасі від 18 до 50 %) на фоні сприятливого вологозабезпечення за її використання у якості проміжної покривної чи сидеральної культури.

Відмічено також особливості формування бур'янів у агроценозі саме редьки олійної (Tsytysura, 2020 b), а саме швидкі темпи ростових процесів із досягненням максимальної біомаси вже на 40 добу після сходів, високий рівень гербоконкуренції з бур'янами озимої, зимуючої та ярої ранньої біологічних груп, середній та нижче середнього рівень гербоконкуренції з бур'янами ярої пізньої та багаторічної біологічної груп. Така диференціація щодо різних біологічних груп бур'янів посилювався по мірі досягнення рослинами періоду плодоношення. Саме з цих причин сидерація із використанням редьки олійної найбільш доцільна у фазу цвітіння останньої. Крім того, доведено, що редька олійна володіє цілим рядом комплексних алелопатичних механізмів, які якісно вирізняють її серед інших хрестоцвітих культур, які застосовують у системі різнострокових сидеральних технологій (Tsytysura, 2020 a; Tsytysura, 2022; Tsytysura & Sampietro, 2024). Подібні висновки зроблено і у ряді зарубіжних досліджень (Lawley et al., 2012; Manivannan et al., 2019; Marinov-Serafimov et al., 2019). Це узгоджується із нашими результатами щодо показників фітоценологічного статусу виявлених видів бур'янів у агроценозі редьки олійної за її літнього сидерального використання (табл. 4). Зокрема домінування пізніх ярих (середній коефіцієнт домінування (SDR) > 1.59) та багаторічних видів (середній SDR > 2.71) бур'янів як у форматі фітоценологічної оцінки, так і у форматі видового агроценологічного представлення. З огляду на ряд досліджень (Smith, 2013; Iqbal et al., 2020; Khamare et al., 2022) та представлені показники фітоценологічного статусу різних видів бур'янів у єдиному агроценозі із редькою олійною за середнього зниження SDR бур'янів у співставленні сидерація/контроль на рівні 23,7% – останню можна ефективно застосовувати для фітоценологічного контролю цілого ряду видів бур'янів, особливо однорічних форм озимої та ярої груп. Це знову ж таки підтверджено у наших дослідженнях відповідно до яких рівень зниження кількості бур'янів у ценозі вирощування редьки олійної як сидерату у співставленні до контролю знизився у таких величинах: ярі ранні 65,1%, ярі пізні 37,7%, зимуючі 72,2%, багаторічні 48,0%. За показником сирої маси бур'янів аналогічні показники становили 49,7%, 39,5%, 63,6% та 45,7% відповідно. Тобто, основний ефект контролю забур'янення у випадку використання редьки олійної зміщено у контролі саме ярої ранньої та зимуючої біологічної груп бур'янів. Проте, дивлячись на відсоток зниження для інших біологічних груп – редька олійна за відповідних умов з високою ймовірністю прогнозу демонструватиме ефективну дію пригніченням і даних видів бур'янів.

Відповідними умовами ефективною дією сидерації редькою олійною будуть у першу чергу інтенсивність формування та величина сформованої біомаси, що створює паритетні умови для інтенсивного фітоценологічного пригнічення інших видів, у тому числі подібних за темпами ростових процесів, що відмічено у ряді досліджень (Lei et al., 2022; Ansari et al., 2022). У підсумку наголошується (Koehler-Cole et al., 2017; Mishchenko et al., 2019; Simeão et al., 2023), що саме рівень отриманої біомаси та період її формування будуть одним із визначальних критеріїв ефективності контролю рівня як кількісної, так і вагової забур'яненості одиниці площі – як у процесі росту самого сидерату, так і у результаті його післядії після сидерального використання. Зокрема у дослідженнях Mishchenko et al. (2019), Mishchenko & Zakharchenko (2019), Sendetskyi, (2019) рівень зниження загальної забур'яненості за використання редьки олійної коливався у межах від 18 до 60%. Це підтверджено результатами залежностей рівня біопродуктивності з головними показниками рівня забур'яненості (рис. 1–2) та отриманим усередненим показником зниження рівня забур'яненості площ на момент приорювання сидерату на рівні 49,1% за кількістю бур'янів та 46,8% за їх масою на одиниці облікової площі. У системі ротаційного ланкового та сівозмінного вивчення ефективність редьки олійної як сидерату була нижчою і склала на рівні 29–32%. Слід також відмітити, що рівень детермінації залежності між сформованою надземною біомасою редьки олійної і рівнем забур'яненості площі перед заорюванням сидерату за даними все того ж Mishchenko et al. (2019), Mishchenko & Zakharchenko (2019) були на рівні 31,0%. У нашому випадку даний показник був істотно вище і склав інтервал 45–51%. Проте, у системі післядії сидерації представлені результати навпаки були істотно нижчими 49–54% проти 67–80%. Це пов'язано, на нашу думку, з відмінностями гідротермічного режиму періодів формування сидеральної маси та супутньої сеgetальної рослинності, а також рівнем стартових показників забур'яненості дослідного поля, який у нашому випадку був вищим, та відповідав вище середнього рівню забур'яненості (за даними Pelekh, 2018 з огляду на класифікації Ivashchenko & Ivashchenko, 2019). Щодо порівняння ефективності редьки олійної по відношенню до інших хрестоцвітих культур то на підставі аналогічних досліджень (Boydston & Hang, 1995; Al-Khatib et al., 1997; Haramoto & Gallandt, 2004; Kemper et al., 2020) якими встановлено технологічний рівень досяжності зниження забур'яненості поля (за рахунок застосування сидеральних хрестоцвітих культур таких як ріпак ярий і озимий, суріпиця, гірчиця біла тощо) в інтервалі від 18 до 65% з огляду на умови вегетації, строки сидерації та стартовий рівень гербологічної ситуації поля. Таким чином, редька олійна не поступається за цим показником, а з огляду на наведені вище результати досліджень – має і ряд переваг у вирішенні питань біологічного контролю бур'янів.

Відмінності у ефективній дії сидерації із використанням редьки олійної на різних видах сільськогосподарських культур узгоджується із підходами щодо видоспецифічної реакції рослин на сидерацію та її вплив на

потенційну забур'яненість поля у форматі створення стимулюючих умов до росту чи зниження рясності бур'янів з позиції прямо стимулюючого чи інгібуючого впливу на цей показник (Rudik et al., 2020).

Висновки. На підставі багаторічного циклу досліджень підтверджено практичну цінність та доцільність використання редьки олійної у варіантах літньої проміжної сидерації для зниження як видової структури так і загальної забур'яненості агроценозів. За продуктивності сформованої надземної біомаси в інтервалі 9–25 т/га залежно від гідротермічних умов періоду літньої вегетації редька олійна, як сидерат, забезпечує зміну фітоценологічної структури бур'янистого угруповання агрофітоценозу істотно пригнічуючи ярі ранні та зимуючі біологічні групи бур'янів та інтенсивно конкуруючи із представниками біологічних груп ярих пізніх та багаторічних видів бур'янів. У фітоценологічному плані за співставлення сумарного коефіцієнту домінування (SDR), для варіантів

із сидерацією і без неї, редька олійна володіла високим гербоконкуруючим ефектом за рівня редукції вказаного показника у значенні 23,7%. Як позитивний наслідок цього, загальне зниження рівня забур'яненості у середньому по біологічних групах на момент приорування сидерату досягало інтервалу від 27 до 49% залежно від року досліджень. Відмічено достовірну обернену залежність (з рівнем детермінації 45–54%) між наземною біопродуктивністю рослин редьки олійної і рівнем секвестру як кількості бур'янів, так і їх маси на одиниці облікової площі. Визначено також, що гербоконтролююча ефективність редьки олійної у системі впливу на наступну культуру є вищою для просапних культур (кукурудза, соняшник, сорго) за середнього зниження кількості бур'янів на рівні 40,1% за кількістю та 36,3% за масою проти аналогічних показників на рівні 28,6% та 26,9 % відповідно, для таких культур як ярий ячмінь, яра пшениця, горох, соя, нут.

Бібліографічні посилання:

1. Al-Khatib, K., Libbey, C., & Boydston, R. (1997). Weed Suppression with brassica Green Manure Crops in Green Pea. *Weed Science*, 45(3), 439–445.
2. Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J. L., Pancorbo, J. L., & Quemada, M. (2020). Interseeding cover crops into maize: Characterization of species performance under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 249, 107762.
3. Álvarez-Iglesias, L., Puig, C. G., Revilla, P., Reigosa, M. J. & Pedrol, N. (2018). Faba bean as green manure for field weed control in maize. *Weed Research*, 58, 437–449. doi: 10.1111/wre.12335
4. Ansari, M. A., Choudhury, B. U., Layek, J., Das, A., Lal, R. & Mishra, V. K. 2022. Green manuring and crop residue management: Effect on soil organic carbon stock, aggregation, and system productivity in the foothills of Eastern Himalaya (India). *Soil Tillage Research*, 218, 105318. doi: 10.1016/j.still.2022.105318
5. Bhaskar, V., Westbrook, A. S., Bellinder, R. R., & DiTommaso, A. (2021). Integrated management of living mulches for weed control: A review. *Weed Technology*, 35, 1–39. doi: 10.1017/wet.2021.52
6. Bhogal, A., White, C., & Morris, N. 2019. Project Report №. 620 Maxi Cover Crop: Maximising the benefits from cover crops through species selection and crop management. Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB).
7. Bimantara, U., Sabri, U., Kautsar, T., & Cheng, H. (2020). Incorporation of winter grasses suppresses summer weed germination and affects inorganic nitrogen in flooded paddy soil. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66, 389–397. doi: 10.1080/00380768.2020.1725914
8. Boydston, R.A., & Hang, A.N. (1995). Rapeseed (*Brassica napus*) Green Manure Crop Suppresses Weeds in Potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology*, 9, 669–675.
9. Brennan, E. B., & Smith, R. F. (2005). Winter cover crop growth and weed suppression on the central coast of California. *Weed Technology*, 19(4), 1017–1024. doi: 10.1614/WT-04-246R1.1
10. Carlesi, S., Bigongiali, F., Antichi, D., Ciaccia, C., Tittarelli, F., Canali, S., & Bàrberi, P. (2019). Green manure and phosphorus fertilization affect weed community composition and crop/weed competition in organic maize. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1–10. doi: 10.1017/S1742170519000115
11. Cornelius, C.D., & Bradley, K.W. (2017). Influence of various cover crop species on winter and summer annual weed emergence in soybean. *Weed Technology*, 31(4), 503–513. doi: 10.1017/wet.2017.23
12. Couëdel, A., Kirkegaard, J., Alletto, L., & Justes, E. (2019). Crucifer-legume cover crop mixtures for biocontrol: Toward a new multi-service paradigm. *Advances in Agronomy*, 157, 55–139.
13. Egbe, E., Soupi, N., Awo, M., & Besong, G. (2022). Effects of Green Manure and Inorganic Fertilizers on the Growth, Yield and Yield Components of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in the Mount Cameroon Region. *American Journal of Plant Sciences*, 13, 702–721. doi: 10.4236/ajps.2022.135047.
14. Emmiganur, K., Matiwade, P. S., & Gaddanakeri, S. A. (2022). Effect of smother crops and green leaf manures on weed dynamics and yield of organic sweet corn. *The Pharma Innovation Journal*, Vol. 11(12), 3307–3310.
15. Fikre, L., & Mulatu, W. (2014). Mechanisms of ecological weed management by cover cropping: A review. *Journal of Biological Sciences*, 14(7), 452–459. doi: 10.3923/jbs.2014.452.459
16. Haramoto, E.R., & Gallandt, E.R. (2004). Brassica cover cropping for weed management: a review. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 19, 187–198. doi: 10.1079/rafs200490
17. Iqbal, A., Hamayun, M., Shah, F., & Hussain, A. (2020). Role of Plant Bioactives in Sustainable Agriculture. *Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth*
18. Ivashchenko, O. O., & Ivashchenko, O. O. (2019). Zahalna herbolohiia : monohrafiia. Instytut bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv, Instytut zakhystu roslyn NAAN. Kyiv : Feniks (in Ukrainian).
19. Kemper, R., Bublitz, T.A., Müller, P., Kautz, T., Döring, T.F., & Athmann, M. (2020). Vertical root distribution of different cover crops determined with the profile wall method. *Agriculture*, 10, 503. doi: 10.3390/agriculture10110503

20. Khamare, Y., Chen, J., & Marble, S.C. (2022). Allelopathy and its application as a weed management tool: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1034649. doi: 10.3389/fpls.2022.1034649
21. Koehler-Cole, K., Brandle, J. R., Francis, C. A., Shapiro, C. A., Blankenship, E. E., & Baenziger, P. S. (2017). Clover green manure productivity and weed suppression in an organic grain rotation. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32(5), 474–483.
22. Lawley, Y.E., Teasdale, J.R., & Weil, R.R. (2012). The Mechanism for Weed Suppression by a Forage Radish Cover Crop. *Agronomy Journal*, 104, 205–214
23. Lei, B., Wang, J., & Yao, H. (2022). Ecological and Environmental Benefits of Planting Green Manure in Paddy Fields. *Agriculture*, 12(2), 223. doi: 10.3390/agriculture12020223
24. Liu, S., Ma, Z., Zhang, Y., Chen Z., Du X., & Mu, Y. (2022). *Astragalus sinicus* Incorporated as Green Manure for Weed Control in Corn. *Frontiers in Plant Science*, 13, 829421. doi: 10.3389/fpls.2022.829421
25. Lorenzo, P., Álvarez-Iglesias, L., González, L., & Revilla, P. (2022). Assessment of *Acacia dealbata* as green manure and weed control for maize crop. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 37(4), 322–336. doi: 10.1017/S1742170521000570
26. Lövgren, E. (2022). Complete removal of biomass from oilseed radish as a cover crop decreased nitrous oxide emissions. Master's DP. Swedish University of Agricultural Sciences.
27. Lysiaskyyi, O. L. (2018). Efektyvnist udobrennia syderalnykh kultur na chornozemi 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 / Lysiaskyyi Oleksandr Leonidovych ; Nats. nauk. tsentr «In-t hruntoznavstva ta ahrokhimii im. O. N. Sokolovskoho». Kharkiv (in Ukrainian).
28. Ma, D., Yin, L., Ju, W., Li, X., Liu, X., Deng, X., & Wang, S. (2021). Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crops Research*, 266, 108146.
29. Manivannan, A., Kim, J. H., Kim, D. S., Lee, E. S., & Lee, H. E. (2019). Deciphering the Nutraceutical Potential of *Raphanus sativus* – A Comprehensive Overview. *Nutrients*, 11(2), 402. doi: 10.3390/nu11020402
30. Marinov-Serafimov, P., Enchev, S. & Golubina, I. (2019). Allelopathic soil activity in the rotation of some forage and technical crops. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (5), 980–985.
31. Mishchenko, Yu. H., & Zakharchenko, E. A. (2019). Vplyv pisliazhnyvnoi syderatsii na zaburianenist buriakiv tsukrovoykh. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu : naukovyi zhurnal. Ser. «Ahronomiia i biolohiia», Vyp. 4 (38), 42–50 (in Ukrainian).*
32. Mishchenko, Y. G., Zakharchenko, E. A., Berdin, S. I., Kharchenko, O. V., Ermantraut, E. R., Masyk, I. M., & Tokman, V. S. (2019). Herbological monitoring of efficiency of tillage practice and green manure in potato agroecosystem. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 210–219.
33. Niz, A. S., Da Silva Oviedo, M. O., López, E. M., Ávalos, D. L., Villalba, H. G., A. F. Sánchez, Solis P. F., & Insfrán, W. (2023). Implementation and Use of Green Manures for Weed Suppression in Sequential Maize Cropping. *International Journal of Agronomy*, 4, 1–8. doi: 10.1155/2023/3034572
34. 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
35. Pál, V. & Zsombik, L. (2024). Effect of Common Vetch (*Vicia sativa* L.) Green Manure on the Yield of Corn in Crop Rotation System. *Agronomy*, 14(1). 19. doi: 10.3390/agronomy14010019
36. Pelekh, L.V. (2018). Otsinka rivnia zaburianenosti ahrofitotsenoziv osnovnykh silskohospodarskykh kultur v umovakh doslidnoho polia VNAU. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 11(3), 61–69.
37. Puig, C. G., Revilla, P., Barreal, M. E., Reigosa, M. J., & Pedrol, N. (2019). On the suitability of *Eucalyptus globulus* green manure for field weed control. *Crop Protection*, 121, 57–65 doi: 10.1016/j.cropro.2019.03.016
38. Pullens, J. W. M., Sørensen, P., Melander, B., & Olesen, J. E. (2021). Legacy effects of soil fertility management on cereal dry matter and nitrogen grain yield of organic arable cropping systems. *European Journal of Agronomy*, 122, 126169. doi: 10.1016/j.eja.2020.126169
39. Rana, S.S., & Kumar, S. (2014). *Practical Manual – Principles and practices of weed management*. Department of Agronomy, College of Agriculture, CSK Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, Palampur.
40. Raunkiaer, C. (1934). *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press, London.
41. Rudik, O.L., Lavrynenko, S.O., & Lavrynenko, N.M. (2020). Rehulivannia prysutnosti burianiv u suchasnykh ahrofitotsenozakh. K.: Oldi+ (in Ukrainian).
42. Sendetskyi, V.M. (2019). Produktivnist soi zalezno vid sumisnoho zastosuvannia solomy, syderativ ta orhanichnykh dobryv v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Soybean productivity depending on the combined use of straw, green manure and organic fertilisers in the Western Forest-Steppe]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zroshuvane zemlerobstvo» – Interagency thematic scientific collection 'Irrigated Agriculture'*, 71, 123–127 (in Ukrainian).
43. Singh, D., Devi, K. B., Ashoka, P., Bahadur, R., Kumar, N., Devi, O. R. & Shahni, Y. S. (2023). Green Manure: Aspects and its Role in Sustainable Agriculture. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(11), 39–45. doi: 10.9734/ijec/2023/v13i113142
44. Simeão, R.M., Silva, D.D., Santos, F.C., Vilela, L., Silveira, M.C.T., Resende, A.C. & Albuquerque, P.E.P. (2023). Adaptation and indication of forage crops for agricultural production in sandy soils in western Bahia State, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy* 45, e56144. doi: 10.4025/actasciagron.v45i1.56144
45. Smith, O.P. (2013). Allelopathic potential of the invasive alien Himalayan Balsam (*Impatiens glandulifera* Royle). PhD thesis, Plymouth University, Plymouth, Great Britain. doi: 10.24382/4307

46. Sui, X., Huo, H. N., Bao, X. L., He, H. B., Zhang, X. D., Liang, C., & Xie, H. T. (2021). Research advances on cover crop plantation and its effects on subsequent crop and soil environment. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 32(08), 2666–2674.
47. Tsytsiura, Y.H. (2020a). Modular-vitality and ideotypical approach in evaluating the efficiency of construction of oilseed radish agrophytocoenoses (*Raphanus sativus* var. *oleifera* Pers.). *Agraarteadus*. 2020. Vol. 31. №2. P. 219–243.
48. Tsytsiura, Y. (2020b). Assessment of peculiarities of weed formation in oilseed radish agrophytocoenosis using different technological models. *Chilean Journal of agricultural research*. October-december, 80(4), 661–674.
49. Tsytsiura, Y.H. (2022). Estimation of species allelopathic susceptibility to perennial weeds by detailing the formation period of germinated seeds of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) as the test object. *Agraarteadus*, № 33(1), 176–191.
50. Tsytsiura, Y., & Sampietro, D. (2024). Allelopathic Effects of Annual Weeds on Germination and Seedling Growth of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 27(1), 77–97. doi: 10.15414/afz.2024.27.01.77-97
51. Utami, A. I., Bimantara, P. O., Umemoto, R., Sabri, R. K., & Kautsar, V. (2020). Incorporation of winter grasses suppresses summer weed germination and affects inorganic nitrogen in flooded paddy soil. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66, 389–397. doi: 10.1080/00380768.2020.1725914
52. Williams, G., & Hunyadi, K. (1988). *Dictionary of Weeds of Eastern Europe: Their Common Names and Importance in Latin, Albanian, Bulgarian, Czech, German, English, Greek, Hungarian, Polish, Romanian, Russian, Serbo-Croat and Slovak 1st Edition*. Elsevier Science.
53. Wong, J. (2018). *Handbook of statistical analysis and data mining applications*. Cambridge, Academic Press.
54. Veselovskyi, I. V., Lysenko, A. K., & Manko, Yu. P. (1988). *Atlas-vyznachnyk burianiv*. Kyiv. Urozhai (in Ukrainian).
55. Zhao, N., Bai, L., Han, D., Yao, Z., Liu, X., Hao, Y., Chen, Z., Zhang, X., Zhang, D., & Jin, X. (2024). Combined Application of Leguminous Green Manure and Straw Determined Grain Yield and Nutrient Use Efficiency in Wheat–Maize–Sunflower Rotations System in Northwest China. *Plants*, 13(10), 1358. doi: 10.3390/plants13101358
56. Zimdahl, R. (2018). *Fundamentals of Weed Science 5th Edition*. Academic Press.

Tsytsyura Ya. H., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Efficiency of oilseed radish in reducing field weediness during its intermediate (summer) green manure use

The expediency and efficiency of green manure farming systems in the variants of biological control of the level of weeds in the field using the variant of intermediate (summer) green manure was investigated and substantiated.

In the ten-year research cycle (2014–2023), basic methodological approaches to assessing both the bioproductive potential of oilseed radish and international methods for assessing the overall level of weed infestation and the phytocoenological status of the recorded weed species were applied. The species structure of weeds in the oilseed radish agrocenosis was analysed and evaluated by such indicators as density (D), frequency of occurrence (F, %), abundance (Ab), relative density (RD, %), relative frequency of occurrence (RF, %), relative abundance (RAb, %), significance index (IVI), total dominance ratio (SDR), and frequency class of weed species (Fcl). The results of the aftereffect of flooded green manure on the quantitative and weight index of the level of weediness of a number of crops in accordance with the crop rotation scheme were evaluated. The efficiency of oilseed radish application in the variant of green manure for controlling both the species structure of the corresponding agrocenosis in the year of green manure and in the variant of technological aftereffect, especially on a row crop group, was established. In comparison with the control without green manure, a general decrease in the number of early spring weeds by 66.1% by number and 49.7% by weight, late spring weeds by 37.7% (39.5%), winter weeds by 72.2% (63.6%) and perennial weeds by 48.0% (46.8%), respectively, was observed. A general decrease in the phytocoenological status of the dominant weed species by 8.5–18.9% with a change in the species frequency class (F_{cl}) and a 23.7% reduction in the total dominance ratio (SDR) by one category was established. A close, reliable inverse relationship between the volume of aboveground biomass formed at the time of green manure ploughing and the number of weeds ($r = -0.717$, $d_{xy} = 51.4\%$ at $p < 0.001$) and their weight ($r = -0.677$, $d_{xy} = 45.8\%$ at $p < 0.001$) was proved. A similar relationship was found between the bioproductivity of oil radish in the year of green manure and its effect on subsequent crops with a level of determination of 54.4% for the number and 49.1% for the weight of weeds (at $p < 0.05$). Based on the results obtained, oilseed radish is recommended as a highly productive and effective candidate in the system of summer (intermediate) green manure technologies for controlling the level of weediness in the field.

Key words: bioproductivity, green manure technologies, phytocoenotic indicators, biological groups of weeds, number of weeds, weed weight, level of weediness.