


АГРОНОМІЯ

УДК 631.452:631.8.022.3

Біологічна активність ґрунту в посівах буряку цукрового залежно від різних поєднань елементів агротехнологійСиромятников Ю.М.¹ , Куц О.В.¹ , Рудий С.А.² ¹ Інститут овочівництва та багаторічності НААН² Corteva Agriscience E-mail: gara176@btu.kharkov.ua

Сиромятников Ю.М., Куц О.В., Рудий С.А. Біологічна активність ґрунту в посівах буряку цукрового залежно від різних поєднань елементів агротехнологій. «Агробіологія», 2024. № 2. С. 117–127.

Syromyatnikov Yu., Kuts O., Rudyi S. Soil biological activity in sugar beet crops depending on various combinations of agrotechnology elements. «Agrobiologiya», 2024. no. 2, pp. 117–127.

Рукопис отримано: 23.07.2024 р.

Прийнято: 07.08.2024 р.

Затверджено до друку: 28.11.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-117-127

Визначали біологічну активність ґрунту в посівах буряку цукрового залежно від різних поєднань елементів агротехнологій. Польові дослідження проведено в двох типах агробіоценозів (зернопросапна та плодозмінна сівозміни) за різних систем удобрення (мінеральна, органічна, органо-мінеральна). Проведено порівняння впливу двох способів обробітку ґрунту за вирощування буряку цукрового (оранка на глибину 30–35 см плугом ПЛН-5-35 та обробіток ґрунтообробною розпушувально-сепарувальною машиною «Докучаєвська» ПРСМ-5 на глибину 12–15 см без обертання скиби) на біологічну активність ґрунту (целюлорозкладаюча здатність ґрунту), урожайність коренеплодів та збір цукру. Досліджено вплив різних способів обробітку ґрунту під буряк цукровий за різних систем удобрення в зернопросапній та плодозмінній сівозмінах на целюлорозкладаючу здатність ґрунту (в різних шарах ґрунту в динаміці), урожайність коренеплодів та збір цукру. Показники біологічної активності ґрунту через 60 діб експонування бавовняної тканини істотно залежать від системи живлення рослин буряку цукрового та місця локалізації бавовняної тканини по глибині шару ґрунту. Максимальне збільшення активності ґрунтових мікроорганізмів спостерігається за мінеральної системи добрива (в 2,3–2,7 разів залежно від глибини). На 90 добу експонування високу біологічну активність ґрунту забезпечує органічна система удобрення (підвищення показника у 2,0–2,2 рази проти 1,1–1,5 рази за інших систем удобрення). На 120 добу експонування за мінеральною системою удобрення біологічна активність ґрунту збільшилася за шарами ґрунту в 1,6–1,7 рази, за органічної системи – в 1,4 рази. В зернопросапній сівозміні зазначено підвищення біологічної активності ґрунту за обробітку стратифікатором ПРСМ-5. Максимальне значення показника відмічено за органо-мінеральної системи удобрення (76,2–86,5 % на 120 добу експонування). За впливом на урожайність буряку цукрового не виявлено істотних відмінностей ефективності використання стратифікатору за різних систем удобрення та в різних видах сівозмін.

Ключові слова: стратифікатор, системи удобрення, обробіток ґрунту, сівозміна, целюлорозкладаюча здатність ґрунту.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ключовими характеристиками ґрунту, що максимально впливають на урожайність сільськогосподарських рослин, є вміст органічної речовини в ґрунті, забезпе-

ченість рослин макро- та мікроелементами, водно-фізичні параметри, рівень мікробіологічної активності ґрунту. Ґрунтові мікроорганізми є важливим компонентом агробіоценозу, що впливає на всі процеси, які задіяні у

формуванні урожайності рослин (забезпеченість елементами живлення завдяки процесам асоціативної азотфіксації та мобілізації фосфору й калію, мінералізація органічних залишків, стимуляція ростових процесів, контроль фітопатогенів тощо). Мікрофлора ґрунту забезпечує створення комфортних умов для живлення рослин і слугує трофічним посередником між ґрунтом і рослиною. Повноцінні мікробні угруповання сприяють активній міграції поживних речовин до коренів, оскільки лише мікроорганізми (через ланцюжки бактеріальних клітин, гіфи і міцелій мікроскопічних грибів) забезпечують контакт кореневої системи з віддаленими ґрунтовими агрегатами, на яких адсорбовано поживні речовини [1, 2].

Отже, водночас із показниками вмісту органічної речовини в ґрунті важливим залишається формування в орному шарі ґрунту великого пулу корисної мікрофлори, що забезпечує гармонійний перебіг та збалансованість біологічних процесів [3, 4]. На мікробіологічну активність ґрунту в агробіоценозах істотно впливають технологічні заходи вирощування сільськогосподарських рослин, ключовими з яких є сівозміна, система удобрення, обробіток ґрунту, зрошення, використання засобів захисту рослин [5–7]. Зі зростанням інтенсивності мікробіологічних процесів окрім підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, відбувається накопичення органічної речовини у ґрунті, покращуються його фізико-хімічні властивості та родючість [8–10].

Істотний вплив на мікробіологічну активність ґрунту забезпечує використання органічних та мінеральних добрив, ступінь їх впливу залежить від ґрунтового-кліматичних умов та рівня технологічного забезпечення [11, 12].

За результатами досліджень О. Puzniak та ін. [13], на дерново-підзолистих ґрунтах зерно-льono-картопляної сівозміни відмічено, що органічна система удобрення забезпечує підвищення кількості нітрифікаторів і денітрифікаторів ґрунту, органо-мінеральна – розвиток несимбіотичних анаеробних мікроорганізмів, що фіксують азот, розкладають целюлозу та мобілізують фосфати. Тимчасом, найменш сприятливі умови для розвитку фізіологічних груп мікроорганізмів виявлені у випадках постійного застосування мінеральних добрив. Слід зазначити, що несимбіотичні азотфіксуючі мікроорганізми сприяють розчиненню мінеральних фосфатів, підвищенню стійкості до стресу, стабілізують ґрунтові агрегати та покращують

структуру ґрунту [14]. За даними А. Głowacki et al. (2020), впровадження кормовозернової сівозміни найоптимальніше забезпечує мікробіологічні показники та ферментативну активність ґрунту в порівнянні з іншими системами [15].

На показники мікробіологічної активності ґрунту (ферментативна активність та загальна кількість бактерій, грибів і актиноміцетів) суттєво впливає використання або повної норми мінеральних добрив, або внесення азотно-фосфорних добрив [16].

Важливим параметром стану біологічного середовища ґрунту є ферментативна активність, яка відображає напрям процесів ґрунтоутворення [17, 18], тенденції педогенних процесів [19] та слугує надійним індикатором еволюції ґрунту [20]. Визначено, що ферментативна активність зазвичай корелює з вмістом органічного вуглецю та загального азоту [21], тимчасом прямий зв'язок з врожайністю сільськогосподарських культур відмічено лише в деяких дослідженнях [22–24].

Біологічні параметри ґрунту значно варіюють залежно від кліматичних умов, а також пов'язані з вегетаційним періодом рослин [25, 26] та технологічними підходами щодо їх вирощування [27, 28]. За даними D. Swedrzynska та S. Grzes (2015), зростанню біологічних параметрів ґрунту сприяє впровадження біодинамічних та біоорганічних підходів щодо вирощування [29]. Відмічають також взаємозв'язок мікробіологічної активності ґрунту з його водно-фізичними показниками та підходами щодо його обробки [6, 30, 31]. За даними Н. Klikocka et al. (2012), мінімальний обробіток ґрунту забезпечує покращення мікробіологічної активності буроземних ґрунтів Польщі завдяки зростанню вмісту бактерій, актиноміцетів та грибів, а також активності дегідрогенази [32].

Отже, наразі є актуальним дослідити біологічну активність ґрунту за різних технологічних підходів, що активно впливають на властивості ґрунту, наприклад, способи обробітку ґрунту в різних типах агробіоценозів.

Мета дослідження – визначити біологічну активність ґрунту в посівах буряку цукрового залежно від різних поєднань елементів агротехнологій.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проведено впродовж 2018–2020 рр. на дослідному полі «Центральне» Харківського національного технічного університету сільськогосподарства Петра Василенка (Харківська область, Харківський район; широта – 49°51'24"N, довгота – 36°05'01"E).

Ґрунт дослідного поля представлено чорноземом типовим малогумусним важкосуглинковим на лесовидному суглинку (вміст гумусу в орному шарі – 3,89 %, нітратного азоту – 23,5 мг/кг, легкогідролізованого азоту – 135 мг/кг, рухомого фосфору – 47–56 мг та обмінного калію – 90–120 мг/кг ґрунту, рН сол. – 5,6–6,5).

Дослідження проведено в двох п'ятипільних сівозмінах: в зернопросапній з чергуванням культур горох, пшениця озима, буряки цукрові, ячмінь, кукурудза на зерно та в плодозмінній (люцерна 1-го та 2-го років, пшениця озима, буряки цукрові, ячмінь з підсівом люцерни).

Дослід – двофакторний (табл. 1). Фактор А (різні підходи щодо основного обробітку ґрунту) включав два варіанти: 1) оранка на глибину 30–35 см плугом ПЛН-5-35; 2) обробіток ґрунтообробною розпушувально-сепарувальною машиною «Докучаєвська» ПРСМ-5 на глибину 12–15 см без обертання скиби ґрунту [33, 34]. Фактор В (системи удобрення) включав чотири варіанти: 1) без добрив (контроль); 2) $N_{170}P_{170}K_{170}$; 3) гній 70 т/га; 4) гній 70 т/га + $N_{170}P_{170}K_{170}$. У дослідженнях використано напівперепрілий гній великої рогатої худоби. Органічні та мінеральні добрива в дослідках вносили вручну перед основним обробітком ґрунту.

Дослідження проведено згідно із загальноприйнятими методичними вказівками. Загальна площа ділянки становила 40 м², площа облікової ділянки – 28 м², повторність в дослідках – триразова [35]. Показники біологічної активності ґрунту визначали за методом О.М. Мишустіна. Простерилізовану бавовняну тканину поміщали на свіжозачищену стінку розрізу ґрунту, а зі зворотного боку матеріал

екранували поліетиленовою плівкою. Загальна тривалість експонування 120 діб у період вегетації буряків цукрових. Після закінчення кожного періоду експонування залишки полотен, що збереглися, виймали з розрізу, просушували, очищали від ґрунту, фотографували і зважували. Показники біологічної активності ґрунту визначали за втратою площі та за втратою маси експонованої тканини. Втрату площі полотна підраховували за допомогою програми Adobe Photoshop Express: фотографії полотен завантажували в програму, встановлювали шкалу вимірювань (визначення числа пікселів в сантиметрі), виділяли ділянки тканини, що вціліли, та запускали інструмент вимірювання площі виділених ділянок у конкретному ґрунтового горизонті.

Підрахунок за втратою площі (у відсотках) проводили за формулою:

$$((S_1 - S_2) / S_1) \times 100 \%,$$

де S_1 – вихідна площа тканини; S_2 – залишкова площа тканини.

Підрахунок за втратою маси (у відсотках) проводили за формулою:

$$((m_1 - m_2) / m_1) \times 100 \%,$$

де m_1 – вихідна маса тканини; m_2 – залишкова маса тканини.

Результати дослідження та обговорення. Одним з поширених методів оцінки біологічної активності ґрунту є визначення активності целюлозорозкладаючих мікроорганізмів. Визначення втрати площі бавовняної тканини дозволяє оцінити відносну швидкість перебігу мікробіологічних процесів руйнування клітковини (целюлози). Фактично розкладання целюлози тісно пов'язане з деструкцією всіх рослинних залишків та органічних добрив в ґрунтах агробіоценозів.

Таблиця 1– Схема досліджень

Фактор	Плодозмінна сівозмінна		Зернопросапна сівозмінна	
	ПРСМ-5	ПЛН-5-35	ПРСМ-5	ПЛН-5-35
В	Без добрив	Без добрив	Без добрив	Без добрив
	$N_{170}P_{170}K_{170}$	$N_{170}P_{170}K_{170}$	$N_{170}P_{170}K_{170}$	$N_{170}P_{170}K_{170}$
	Гній 70 т/ га	Гній 70 т/ га	Гній 70 т/ га	Гній 70 т/ га
	Гній 70 т/ га + $N_{170}P_{170}K_{170}$	Гній 70 т/ га + $N_{170}P_{170}K_{170}$	Гній 70 т/ га + $N_{170}P_{170}K_{170}$	Гній 70 т/ га + $N_{170}P_{170}K_{170}$

У плодозмінній сівозміні системи удобрення, використані в дослідженнях, забезпечують зростання кількості целюлозорозкладаючих мікроорганізмів через збільшення відсотка розкладання бавовняної тканини (табл. 2). За використання оранки на глибину 30–32 см усі системи удобрення обумовлюють істотне підвищення ступеня розкладання бавовняної тканини впродовж всього періоду експонування. На 30 добу експонування цей показник за різних систем удобрення зростає на 17,6–98,8 %, 60 добу – 40,9–94,5 %, 90 добу – 15,6–77,6 %, на 120 добу – на 37,4–62,8 %. Позитивний вплив оранки на целюлозорозкладаючу здатність ґрунту пояснюється рівномірним перемішуванням рослинних залишків попередника та добрив з більшим шаром ґрунту. В результаті формуються оптимальні умови для розвитку ґрунтової мікрофлори за забезпеченістю вологою, теплом та поживними речовинами.

Максимальні значення показника целюлозорозкладаючої здатності впродовж всього періоду експонування відмічено за використання органо-мінеральної системи удо-

брення. Зокрема, на 120 добу експонування за використання 70 т/га гною та $N_{170}P_{170}K_{170}$ розкладання бавовняної тканини залежно від шару ґрунту становило 87,9–92,3 %. У початковий період експонування (30–60 діб) за впливом на ступінь розкладання бавовняної тканини переважало використання мінеральної системи удобрення, тимчасом в більш пізні періоди (за експонування 120 діб) зростає ступінь розкладання бавовняної тканини за використання органічної системи удобрення. Зокрема, за внесення 70 т/га гною цей показник коливався в межах 79,6–84,4 %, тимчасом за використання $N_{170}P_{170}K_{170}$ – 77,8–80,6 %.

Використання для обробки ґрунту стратифікатора впливає на створення більш оптимальних умов для розвитку ґрунтової мікрофлори. Якщо за експонування на 30 добу способи обробітку істотно не різнилися, то в подальшому (60–120 діб експонування) зазначається посилення розкладання бавовняної тканини за використання стратифікатора. Без використання добрив цей показник зростав на 19,0–98,4 % відносно варіанта з використанням оранки.

Таблиця 2 – Вплив способів обробітку ґрунту та систем удобрення на ступінь розкладання бавовняної тканини у ґрунті за вирощування буряку цукрового в плодозмінній сівозміні, % (середнє за 2018–2020 рр.).

Система удобрення	Шар, см	ПЛН-5-35				ПРСМ-5			
		Терміни експонування, діб							
		30	60	90	120	30	60	90	120
Без добрив (контроль)	0–10	8,5	18,9	37,7	59,5	5,1	37,5	55,5	70,8
	10–20	8,5	18,3	37,3	56,4	9,5	35,6	57,4	71,3
	20–30	7,6	17,6	37,0	56,7	11,1	34,0	53,3	70,1
$N_{170}P_{170}K_{170}$	0–10	13,7	31,1	46,8	80,6	17,1	41,6	80,1	91,4
	10–20	12,7	31,0	54,6	77,8	12,6	29,0	67,6	82,4
	20–30	11,6	29,2	53,7	77,9	13,8	25,9	70,1	73,2
Гній 70 т/га	0–10	10,0	22,0	43,6	84,4	20,0	49,6	75,1	88,9
	10–20	13,0	27,1	45,2	79,6	11,6	36,4	62,6	75,3
	20–30	10,6	24,8	45,1	81,9	11,5	34,6	59,2	76,8
Гній 70 т/га + $N_{170}P_{170}K_{170}$	0–10	16,9	33,0	59,6	87,9	24,8	53,2	81,7	94,3
	10–20	15,9	35,6	63,7	89,2	14,1	35,1	71,6	86,6
	20–30	16,5	36,8	65,7	92,3	12,3	24,4	67,5	79,8

Зазначено, що на фоні обробки ґрунту стартифікатором використання органічних і мінеральних добрив мало позитивний вплив на целюлозорозкладаючу здатність ґрунту лише у верхньому шарі ґрунту, оскільки ретельне перемішування добрив та рослинних залишків відбувається у межах шару 0–15 см. За використання мінеральної системи удобрення буряку цукрового відсоток розкладання бавовняної тканини у шарах ґрунту 10–20 та 20–30 см на 60 добу експонування істотно знижувався відносно контрольного варіанта до рівня 25,9–29,0 %. Подібна закономірність спостерігається за використання органо-мінеральної системи удобрення, однак для шару ґрунту 20–30 см (24,4 %). За використання тільки органічних добрив цей показник знаходився на рівні контролю для шарів ґрунту 10–20 та 20–30 см на 30, 60 та 120 добу експонування. Фактично за цих систем удобрення целюлозорозкладаюча здатність ґрунту за обробки стратифікатором для шарів 10–20 та 20–30 см істотно

не різниться або має тенденцію до зниження відносно відповідних систем удобрення за використання оранки.

За вирощування буряку цукрового у зернопросапній сівозміні спостерігаються певні тенденції щодо впливу на целюлозорозкладаючу здатність ґрунтів способів обробки ґрунту та систем удобрення (табл. 3). Також підтверджено зростання відсотка розкладання бавовняної тканини за використання стратифікатора для обробки ґрунту у порівнянні із оранкою. На фоні без застосування добрив обробка ґрунту стратифікатором підвищує значення цього показника на 3,6–38,0 %.

Використання органічних та мінеральних добрив обумовлює зростання целюлозорозкладаючої здатності ґрунту. Максимальне значення показника відмічено за органо-мінеральної системи удобрення як за використання оранки (80,4–84,0 % на 120 добу експонування), так і за обробки ґрунту стратифікатором (76,2–86,5 %).

Таблиця 3 – Вплив способів обробки ґрунту та систем удобрення на ступінь розкладання бавовняної тканини у ґрунті за вирощування буряку цукрового в зернопросапній сівозміні, % (середнє за 2018–2020 рр.)

Система удобрення	Шар, см	ПЛН-5-35				ПРСМ-5			
		Терміни експонування, діб							
		30	60	90	120	30	60	90	120
Без добрив (контроль)	0–10	9,5	18,4	35,3	52,4	12,8	22,5	48,7	65,5
	10–20	7,1	15,4	33,3	50,5	10,0	20,2	37,2	56,5
	20–30	6,6	14,8	34,2	52,7	7,5	16,8	33,5	54,6
N ₁₇₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	0–10	12,6	26,0	41,6	61,0	14,2	34,4	50,0	86,2
	10–20	11,1	25,2	44,5	64,6	10,6	28,0	40,4	75,3
	20–30	10,7	22,0	45,7	65,0	10,1	27,6	39,0	73,2
Гній 70 т/га	0–10	7,4	23,0	38,1	70,0	14,6	28,8	56,7	80,2
	10–20	11,3	22,0	36,8	70,4	10,8	23,3	51,5	73,0
	20–30	9,4	23,0	38,4	72,0	6,1	22,3	51,7	72,4
Гній 70 т/ га+ N ₁₇₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	0–10	15,5	26,5	51,2	80,4	23,2	51,5	63,7	86,5
	10–20	13,1	28,7	55,0	80,8	15,7	36,8	55,0	79,0
	20–30	15,0	28,1	55,0	84,0	14,2	36,5	53,7	76,2

Відмічено певне зниження целюлозо-розкладаючої активності ґрунту за органічної системи удобрення на 90 добу експонування за обробки ґрунту плугом (36,8–38,4 %) та на 30 добу експонування за використання стратифікатора (6,1–10,8 %). Також на фоні використання $N_{170}P_{170}K_{170}$ обробка ґрунту стратифікатором ПРСМ-5 не сприяє зростанню відсотка розкладання бавовняної тканини на 90 добу експонування (40,4–50,0 %).

На переконання В.Ф. Пашенка [33], обробіток ґрунту стратифікатором забезпечує формування на поверхні пухкого, мульчуючого шару, що запобігає випаровуванню ґрунтової вологи та створює умови для накопичення вологи у нижчих горизонтах. Накопичення вологи в поєднанні з достатнім поживним середовищем, що формується за використання добрив, забезпечує оптимальні умови для розвитку ґрунтової мікрофлори.

За впливом на урожайність буряку цукрового не зазначено істотних відмінностей ефективності використання стратифікатора за різних систем удобрення та в різних видах сівозміни (рис. 1). Зазначається позитив-

на тенденція щодо підвищення урожайності в плодозмінній сівозміні за використання стратифікатора за органічної системи удобрення (приріст 2,8 т/га) та негативна тенденція за мінеральної системи удобрення (зниження на 4,5 т/га).

У плодозмінній сівозміні використання стратифікатора забезпечує позитивну тенденцію щодо збільшення збору цукру лише за органічної системи удобрення (на 7,1 %), тимчасом на контролі, за мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення, зазначено тенденцію до зниження виходу цукру (на 2,5–9,5 %) (рис. 2). У зернопросапній сівозміні за впливом на збір цукру використання стратифікатора істотно не різниться з проведенням зяблевої оранки.

Отже, за вирощування буряку цукрового в плодозмінній та зернопросапній сівозмінах використання для обробітку ґрунту розпушувально-сепарувальної машини «Докучаєвська» ПРСМ-5 на глибину 12–15 см без обертання скиби ґрунту хоча і забезпечує позитивний вплив на покращення мікробіологічної активності ґрунту, однак не відображається на рівні урожайності культури та збору цукру.

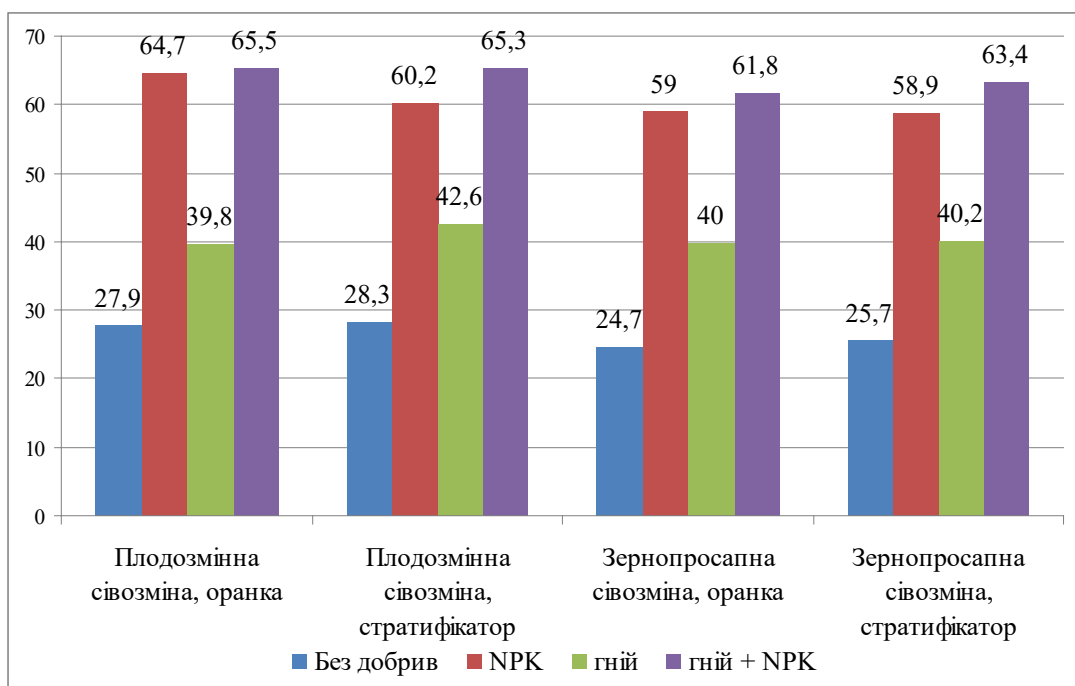


Рис. 1. Урожайність буряку цукрового залежно від способу обробітку ґрунту та внесення добрив, т/га (середнє за 2018–2020 рр.)

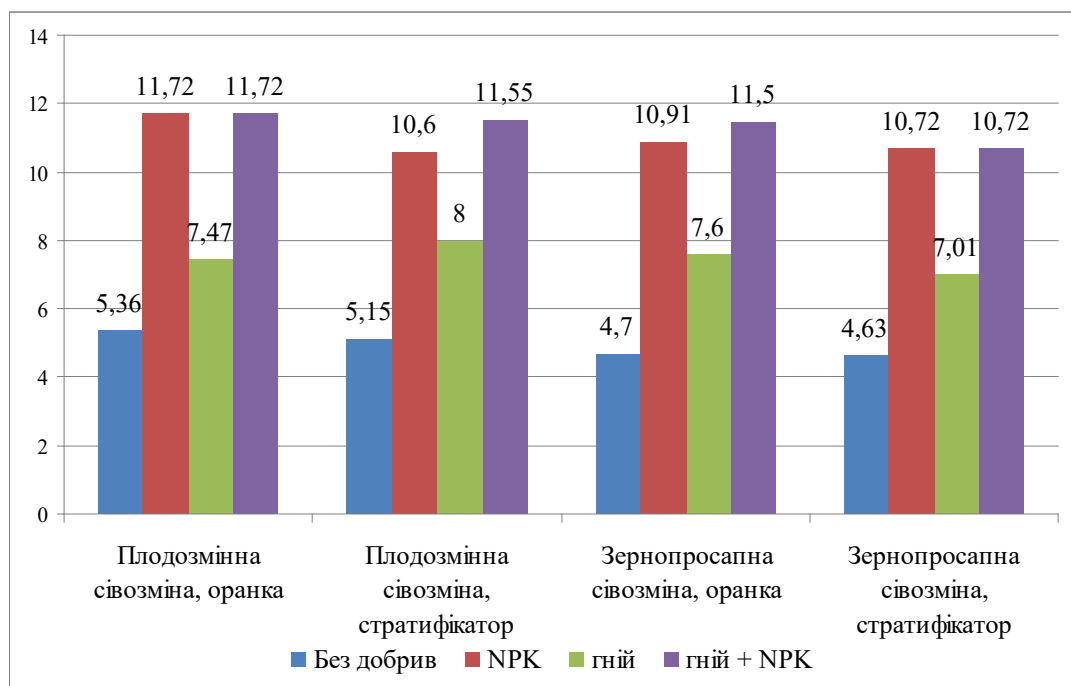


Рис. 2. Збір цукру залежно від способу обробки ґрунту та внесення добрив, т/га (середнє за 2018–2020 рр.).

Висновки. Показники біологічної активності ґрунту через 60 діб експонування бавовняної тканини істотно залежать від системи живлення рослин буряку цукрового та місця локалізації бавовняної тканини по глибині шару ґрунту. Максимальне збільшення активності ґрунтових мікроорганізмів спостерігається за мінеральної системи удобрення (в 2,3–2,7 разів залежно від глибини).

На 90 добу експонування високу біологічну активність ґрунту забезпечує органічна система удобрення (підвищення показника у 2,0–2,2 рази проти 1,1–1,5 рази за інших систем удобрення).

На 120 добу експонування за мінеральної системи удобрення біологічна активність ґрунту збільшилася за шарами ґрунту в 1,6–1,7 рази, за органічної системи – в 1,4 рази.

У зернопросапній сівозміні зазначено підвищення біологічної активності ґрунту за обробку стратифікатором ПРСМ-5. Максимальне значення показника відмічено за орґано-мінеральної системи удобрення (76,2–86,5 % на 120 добу експонування).

За впливом на урожайність буряку цукрового не зазначено істотних відмінностей ефективності використання стратифікатора за різних систем удобрення та в різних видах сівозмін.

Подяка. Висловлюємо подяку професору, доктору технічних наук Володимирі Філімоновичу Пашенку, завідувачу кафедри механізації та електрифікації сільськогосподарського виробництва ХНАУ імені В.В. Докучаєва, а також головному науковому співробітнику ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. М. Соколовського», академіку НААН України, професору, доктору біологічних наук Віталію Володимировичу Медведєву за їхнє цінне сприяння та підтримку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стецишин П.О. Основи органічного виробництва. Вінниця: Нова Книга, 2008. 528 с.
2. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія / В.В. Волкогон та ін. Київ: Аграрна наука, 2006. 311 с.
3. Perucci P., Bonciarelli U., Santilocchi R., Bianchi A.A. Effect of rotation, nitrogen fertilization and management of crop residues on some chemical, microbiological and biochemical properties of soil. *Biology and fertility of soils*. 1997. 24 (3). P. 311–316. DOI: 10.1007/s003740050249.
4. Bielińska E.J., Futa B., Mocek-Płóćiniak A. Glebowe jako bioindykatory jakości i zdrowotności gleby. Soil enzymes as bioindicators of soil quality and health: monografia naukowa. Lublin, Wydawnictwo Libropolis, 2014.
5. Effect of long-term crop rotation and fertilisation management on soil humus dynamics

- in organic and sustainable agricultural management systems / L. Masionytė et al. *Soil Research*. 2021. 59(6). P. 573–585. DOI: 10.1071/SR20101.
6. Biological activity and functional diversity in soil in different cultivation systems / S. Jezierska-Tys et al. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2020. 17. P. 4189–4204. DOI: 10.1007/s13762-020-02762-5.
7. Dynamics of soil aggregation and organic carbon fractions over 23 years of no-till management / C. dos Reis Ferreira et al. *Soil and Tillage Research*. 2020. 198. 104533. DOI: 10.1016/j.still.2019.104533
8. Role of organic fertilizers in improving soil fertility / T.B. Singh et al. *Contaminants in agriculture: sources, impacts and management*. 2020. P. 61–77. DOI: 10.1007/978-3-030-41552-5_3
9. Sofo A., Mininni A.N., Ricciuti P. Soil macrofauna: A key factor for increasing soil fertility and promoting sustainable soil use in fruit orchard agrosystems. *Agronomy*. 2020. 10(4). 456 p. DOI: 10.3390/agronomy10040456
10. Gao M., Dong Y., Zhang Z., Song Z. Effect of dibutyl phthalate on microbial function diversity and enzyme activity in wheat rhizosphere and non-rhizosphere soils. *Environmental Pollution*. 2020. 265 p. 114800. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114800.
11. Gałazka A., Niedźwiecki J., Grządziel J., Gawryjolek K. Evaluation of changes in Glomalin-Related Soil Proteins (GRSP) content, microbial diversity and physical properties depending on the type of soil as the important biotic determinants of soil quality. *Agronomy*. 2020. 10(9). 1279 p. DOI: 10.3390/agronomy10091279.
12. The Role of Organic and Mineral Fertilization in Maintaining Fertility and Productivity of Cryolithozone Soils / E. Lodygin et al. *Agronomy*. 2023. 13(5). 1384 p. DOI: 10.3390/agronomy13051384.
13. Consequences of the Long-Term Fertilization System Use on Physical and Microbiological Soil Status in the Western Polissia of Ukraine / O. Puzniak et al. *Agriculture-Basel*. 2022. 12 (11). Article 1955. DOI: 10.3390/agriculture12111955.
14. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review / R. Hayat et al. *Annals of microbiology*. 2022. 60 (4). P. 579–598. DOI: 10.1007/s13213-010-0117-1.
15. Głowacki A., Mocek-Plóćiniak A., Spychalski W., Kayzer D. The influence of long-term land reclamation on the microbiological properties of post-mining soils. *Soil Sci. Ann*. 2020. 71(4). P. 359–370. DOI: 10.37501/soilsa/127227.
16. Chen Q., Xin Y., Liu Z. Long-Term Fertilization with Potassium Modifies Soil Biological Quality in K-Rich Soils. *Agronomy*. 2020. 10. 771 p. DOI: 10.3390/agronomy10060771.
17. Gilewska M., Plóćiniczak A. Aktywność enzymatyczna gleb powstających z gruntów pogórnich. (Enzymatic activity of soils originating from post mining soils). *Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual*. 2004. 55(2). P. 123–129.
18. Bielińska E.J., Mocek-Plóćiniak A. (2009). Fosfatazy w środowisku glebowym. (Phosphatases in the soil environment). *Monografia naukowa*. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
19. Bielińska E.J., Węgorzek T., Głowacka A. Zmiany aktywności enzymatycznej utworów ilastych na zalesionym zwałowisku kopalni siarki. (Changes in the enzymatic activity of clay formations in an afforested sulphur mine spoil tip). *Roczniki Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*. 2000. 317 (56). P. 401–410.
20. Mocek-Plóćiniak A. Właściwości fizyczno-chemiczne oraz mikrobiologiczne gleb kształtujących się na składowisku popiołów i żużli elektrownianych. The physicochemical and microbiological properties of soils developing in landfills with ash and slag from power plants. *Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Rozprawy naukowe*. 2018. 499. 180 p.
21. Wolińska A., Bennicelli R.P. Dehydrogenase activity response to soil reoxidation process described as varied conditions of water potential, air porosity and oxygen. *Pol. J. Environ. Stud*. 2010. 19 (3). 651 p.
22. Kinetics of catalase and dehydrogenase in main soils of Northeast China under different soil moisture conditions / L. Zhang et al. *Agric. J*. 2009. 4. (2). 113 p.
23. Finlay B.J., Esteban G.F. Oxygen sensing drives predictable migrations on a microbial community. *Environ. Microbiol*. 2009. 11 (1). 81 p.
24. Jezierska-Tys S., Rachoń L., Rutkowska A., Szumiło G. Microbial activity in soil under winter wheat. *Int. Agrophys*. 2011. 25. P. 21–29.
25. Costantini E.A., Mocali S. Soil health, soil genetic horizons and biodiversity. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2022. 185(1). P. 24–34. DOI: 10.1002/jpln.202100437.
26. The nitrogen gap in soil health concepts and fertility measurements / A.S. Grandy et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022. 175. 108856. DOI: 10.1016/j.soilbio.2022.108856
27. Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides – a review / E. Wołejko et al. *Applied Soil Ecology*. 2020. 147. 103356. DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.09.006.
28. Feng Q., An C., Chen Z., Wang Z. Can deep tillage enhance carbon sequestration in soils? A meta-analysis towards GHG mitigation and sustainable agricultural management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. 133. 110293. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110293.
29. Swedrzynska D., Grzes S. Microbiological Parameters of Soil under Sugar Beet as a Response to the Long-Term Application of Different Tillage Systems. *Polish journal of environmental studies*. 2015. 24 (1). P. 285–294. DOI: 10.15244/pjoes/25102.
30. Hartmann M., Six J. Soil structure and microbiome functions in agroecosystems. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2023. 4(1). P. 4–18. DOI: 10.1038/s43017-022-00366-w
31. Hanhur V.V., Len O.I., Hanhur N.V. Impact of different tillage systems on soil nutrient regime in

the field of winter wheat and spring barley in the left-bank forest-steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2022. 1. P. 38–44. DOI: 10.31210/visnyk2022.01.04.

32. The Effect of Soil Tillage and Nitrogen Fertilization on Microbiological Parameters of Soil on which Spring Triticale is Grown / H. Klikocka et al. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2012. 21(6). P. 1675–1685.

33. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Y.N. The transporting ability of the rotor of the soil-cultivating loosening and separating vehicle. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2019. 86(2). P. 67–74. DOI: 10.31992/0321-4443-2019-2-67-74

34. Syromyatnikov Y. Design parameters of the rotor of a tilling and separating machine. *Agriculture*. 2019. 2. P. 7–27. DOI: 10.7256/2453-8809.2019.2.31975

35. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник. Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков та ін. Харків: Майдан, 2016. 316 с.

REFERENCES

1. Stecyshyn, P.O. (2008). *Osnovy orhanichnoho vyrobnytstva [Basics of organic production]*. Vinnytsia, New book, 528 p.

2. Volkogon, V.V., Nadkernychna, O.V., Kovalyeva, T.M. (2006). *Mikrobni preparaty u zemlerobstvi [Microbial preparations in agriculture]*. Teoriia i praktyka: monographia [Theory and practice]. Kyiv, Agrarian science, 311 p.

3. Perucci, P., Bonciarelli, U., Santilocchi, R., Bianchi, A.A. (1997). Effect of rotation, nitrogen fertilization and management of crop residues on some chemical, microbiological and biochemical properties of soil. *Biology and Fertility of Soils*. no. 24(3), pp. 311–316. DOI: 10.1007/s003740050249.

4. Bielińska, E.J., Futa, B., Mocek-Płóćiniak, A. (2014). *Soil enzymes as bioindicators of soil quality and health: scientific monograph*. Lublin, Wydawnictwo Libropolis.

5. Masionytė, L., Kriauciūnienė, Z., Šaraušis, E., Arlauskienė, A., Krikštolaitis, R., Šlepetienė, A., van Lier, Q.D.J. (2021). Effect of long-term crop rotation and fertilisation management on soil humus dynamics in organic and sustainable agricultural management systems. *Soil Research*. no. 59(6), pp. 573–585. DOI: 10.1071/SR20101.

6. Jezierska-Tys, S., Wesółowska, S., Gałazka, A., Joniec, J., Bednarz, J., Cierpiąła, R. (2020). Biological activity and functional diversity in soil in different cultivation systems. *International Journal of Environmental Science and Technology*. no. 17, pp. 4189–4204. DOI: 10.1007/s13762-020-02762-5.

7. dos Reis, Ferreira, C., da Silva Neto, E.C., Pereira, M.G., do Nascimento Guedes, J., Rosset, J.S., dos Anjos, L.H.C. (2020). Dynamics of soil aggregation and organic carbon fractions over 23 years of no-till management. *Soil and Tillage Research*. no. 198, 104533. DOI: 10.1016/j.still.2019.104533.

8. Singh, T.B., Ali, A., Prasad, M., Yadav, A., Shrivastav, P., Goyal, D., Dantu, P.K. (2020). Role

of organic fertilizers in improving soil fertility. *Contaminants in Agriculture: Sources, Impacts and Management*. pp. 61–77. DOI: 10.1007/978-3-030-41552-5_3.

9. Sofo, A., Mininni, A.N., Ricciuti, P. (2020). Soil macrofauna: A key factor for increasing soil fertility and promoting sustainable soil use in fruit orchard agrosystems. *Agronomy*. no. 10(4), 456 p. DOI: 10.3390/agronomy10040456.

10. Gao, M., Dong, Y., Zhang, Z., Song, Z. (2020). Effect of dibutyl phthalate on microbial function diversity and enzyme activity in wheat rhizosphere and non-rhizosphere soils. *Environmental Pollution*. no. 265, 114800. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114800.

11. Gałazka, A., Niedźwiecki, J., Grządziel, J., Gawryjolek, K. (2020). Evaluation of changes in Globalin-Related Soil Proteins (GRSP) content, microbial diversity and physical properties depending on the type of soil as the important biotic determinants of soil quality. *Agronomy*. no 10(9), 1279 p. DOI: 10.3390/agronomy10091279.

12. Lodygin, E., Shamrikova, E., Kubik, O., Chebotarev, N., Abakumov, E. (2023). The Role of Organic and Mineral Fertilization in Maintaining Fertility and Productivity of Cryolithozone Soils. *Agronomy*. no. 13(5), 1384 p. DOI: 10.3390/agronomy13051384.

13. Puzniak, O., Hrynchyslyn, N., Datsko, T., Andruszczak, S., Hulko, B. (2022). Consequences of the Long-Term Fertilization System Use on Physical and Microbiological Soil Status in the Western Polissia of Ukraine. *Agriculture-Basel*. no. 12(11), Article 1955. DOI: 10.3390/agriculture12111955.

14. Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I. (2022). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology*. no. 60(4), pp. 579–598. DOI: 10.1007/s13213-010-0117-1.

15. Głowacki, A., Mocek-Płóćiniak, A., Spychalski, W., Kayzer, D. (2020). The influence of long-term land reclamation on the microbiological properties of post-mining soils. *Soil Science Annual*. no. 71(4), pp. 359–370. DOI: 10.37501/soilsa/127227.

16. Chen, Q., Xin, Y., Liu, Z. (2020). Long-Term Fertilization with Potassium Modifies Soil Biological Quality in K-Rich Soils. *Agronomy*. no. 10, 771 p. DOI: 10.3390/agronomy10060771.

17. Gilewska, M., Płóćiniczak, A. (2004). Aktywnosc enzymatyczna gleb powstajacych z gruntów pogórnicych (Enzymatic activity of soils originating from post-mining soils). *Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual*. no. 55(2), pp. 123–129.

18. Bielińska, E.J., Mocek-Płóćiniak, A. (2009). *Fosfatazy w środowisku glebowym (Phosphatases in the soil environment)*. Scientific Monograph. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

19. Bielińska, E.J., Węgorzek, T., Głowacka, A. (2000). Zmiany aktywności enzymatycznej utworów ilastych na zalesionym zwałowisku kopalni siarki (Changes in the enzymatic activity of clay formations

in an afforested sulphur mine spoil tip). *Roczniki Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*. no. 317(56), pp. 401–410.

20. Mocek-Płóćiniak, A. (2018). Właściwości fizyczno-chemiczne oraz mikrobiologiczne gleb kształtujących się na składowisku popiołów i żużli elektrownianych (The physicochemical and microbiological properties of soils developing in landfills with ash and slag from power plants). *Poznań, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, no. 499, 180 p.

21. Wolińska, A., Bennicelli, R.P. (2010). Dehydrogenase activity response to soil reoxidation process described as varied conditions of water potential, air porosity and oxygen. *Polish Journal of Environmental Studies*. no. 19(3), 651 p.

22. Zhang, L., Zhije, W.U., Chen, L., Jiang, Y., Dongpo, L.I. (2009). Kinetics of catalase and dehydrogenase in main soils of Northeast China under different soil moisture conditions. *Agricultural Journal*. no. 4(2), 113 p.

23. Finlay, B.J., Esteban, G.F. (2009). Oxygen sensing drives predictable migrations on a microbial community. *Environmental Microbiology*. no. 11(1), 81 p.

24. Jezierska-Tys, S., Rachoń, L., Rutkowska, A., Szumiło, G. (2011). Microbial activity in soil under winter wheat. *International Agrophysics*. no. 25, pp. 21–29.

25. Costantini, E.A., Mocali, S. (2022). Soil health, soil genetic horizons and biodiversity. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. no. 185(1), pp. 24–34. DOI: 10.1002/jpln.202100437.

26. Grandy, A.S., Daly, A.B., Bowles, T.M., Gaudin, A.C., Jilling, A., Leptin, A., Waterhouse, H. (2022). The nitrogen gap in soil health concepts and fertility measurements. *Soil Biology and Biochemistry*. no. 175, 108856. DOI: 10.1016/j.soilbio.2022.108856.

27. Wołejko, E., Jabłońska-Trypuć, A., Wydro, U., Butarewicz, A., Łozowicka, B. (2020). Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides—a review. *Applied Soil Ecology*. no. 147, 103356. DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.09.006.

28. Feng, Q., An, C., Chen, Z., Wang, Z. (2020). Can deep tillage enhance carbon sequestration in soils? A meta-analysis towards GHG mitigation and sustainable agricultural management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. no. 133, 110293. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110293.

29. Swedrzyńska, D., Grzes, S. (2015). Microbiological Parameters of Soil under Sugar Beet as a Response to the Long-Term Application of Different Tillage Systems. *Polish Journal of Environmental Studies*. no. 24(1), pp. 285–294. DOI: 10.15244/pjoes/25102.

30. Hartmann, M., Six, J. (2023). Soil structure and microbiome functions in agroecosystems. *Nature Reviews Earth & Environment*. no. 4(1), pp. 4–18. DOI: 10.1038/s43017-022-00366-w.

31. Hanhur, V.V., Len, O.I., Hanhur, N.V. (2022). Impact of different tillage systems on soil nutrient regime in the field of winter wheat and spring barley in the left-bank forest-steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. no. (1), pp. 38–44. DOI: 10.31210/visnyk2022.01.04.

32. Klikocka, H., Narolski, B., Klikocka, O., Głowacka, A., Juszcak, D., Onuch, J., Gaj, R., Michałkiewicz, G., Cybulska, M., Stepaniuk, S. (2012). The Effect of Soil Tillage and Nitrogen Fertilization on Microbiological Parameters of Soil on which Spring Triticale is Grown. *Polish Journal of Environmental Studies*. no. 21(6), pp. 1675–1685.

33. Pashchenko, V.F., Syromyatnikov, Y.N. (2019). The transporting ability of the rotor of the soil-cultivating loosening and separating vehicle. *Tractors and Agricultural Machinery*. no. 86(2), pp. 67–74. DOI: 10.31992/0321-4443-2019-2-67-74.

34. Syromyatnikov, Y. (2019). Design parameters of the rotor of a tilling and separating machine. *Agriculture*. no. 2, pp. 7–27. DOI: 10.7256/2453-8809.2019.2.31975.

35. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. (2016). *Doslidna sprava v agronomii: navch. posibnyk [Research case in agronomy: teaching. manual]. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy [Theoretical aspects of the research case]*. Kharkiv, Maidan, 316 p.

Soil biological activity in sugar beet crops depending on various combinations of agrotechnology elements

Syromyatnikov Yu., Kuts O., Rudyi S.

Soil biological activity in sugar beet crops was determined depending on various combinations of agrotechnology elements. Field research were conducted in two types of agrobiocenoses (grain-row crop rotation and fruit-changing crop rotation) under different fertilization systems (mineral, organic, organic-mineral). A comparison was made between the effects of two soil tillage methods for growing sugar beets (plowing to a depth of 30-35 cm with a «PLN-5-35» plow and a soil tillage loosening and separating machine «Dokuchaev» PRSM-5 to a depth of 12-15 cm without soil turnover) on soil biological activity (cellulose-decomposing capacity of the soil), root yield, and sugar harvest. The influence of different soil tillage methods for sugar beets under various fertilization systems in grain-row and crop rotation on the cellulose-decomposing capacity of the soil (in different soil layers over time), root yield, and sugar harvest was studied. Soil biological activity indicators after 60 days of cotton fabric exposure significantly depend on the sugar beet plant nutrition system and cotton fabric localization by soil layer depth. The maximum increase of soil microorganisms' activity is observed with the mineral fertilizer system (2.3-2.7 times depending on the depth). On the 90th day of exposure high soil biological activi-

ty is provided by the organic fertilization system (an increase of 2.0-2.2 times compared to 1.1-1.5 times for other fertilization systems). On the 120th day of exposure under the mineral fertilization system soil biological activity increased by 1.6-1.7 times in the soil layers and by 1.4 times under the organic system. In grain-row crop rotation an increase in soil biological activity was noted with the «PRSM-5» stratifier. The maximum index value

was observed under the organic-mineral fertilization system (76.2-86.5 % on the 120th day of exposure). In terms of the effect on sugar beet yield no significant differences in the effectiveness of the stratifier using under different fertilization systems and in different rotation types were identified.

Key words: stratifier, fertilization systems, soil tillage, crop rotation, soil cellulose-decomposing soil capacity.



Copyright: Сиром'ятников Ю.М., Куц О.В., Рудий С.А. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Сиром'ятников Ю.М.

<https://orcid.org/0000-0001-9502-626X>

Куц О.В.

<https://orcid.org/0000-0003-2053-8142>

Рудий С.А.

<https://orcid.org/0009-0001-7238-0191>