

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Adoption of the paris agreement. Approved 12.12.2015 — Ресурс доступу <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
2. Енергетичний баланс України за 2018 рік // Державна служба статистики України [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/energ/En\\_bal/Bal\\_2018\\_u.xls](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/energ/En_bal/Bal_2018_u.xls).
3. Закон України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» № 963-IV від 19.06.2003.
4. Закон України «Про охорону земель» № 962-IV від 19.06.2003 року
5. Закон України «Про ратифікацію Паризької угоди» №1469-VIII від 14.07.2016 року.
6. Законопроект України «Про основні засади державної аграрної політики та державної політики сільського розвитку» № 9162 від 04.10.2018.
7. Земельний кодекс України № 2768-III від 25 жовтня 2001 року
8. Конституція України
9. Медведев В. В., Пліско І. В. Цінні, деградовані і малопродуктивні ґрунти України: заходи з охорони і підвищення родючості. Харків, 2015. 144 с.
10. Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням — затверджений розпорядження Кабінету Міністрів України № 271-р від 30.03.2016.
11. Роїк М. В. Концепція виробництва і використання твердих видів біопалива в Україні / М. В. Роїк, О. М. Ганженко, В. Л. Тимошук // Біоенергетика. — 2015. — № 1. — С. 5–8.
12. Роїк М. В. Сучасні науково обґрунтовані підходи до використання землі // Вісник аграрної науки. — 2003. — № 1. — С. 6–16.
13. Сільське господарство України 2017 рік // Статистичний збірник / Державна служба статистики України. К.: 2018—245 с.

## АНОТАЦІЯ

УДК 631.95:662.636:332.32

## Агроекологічні аспекти сталого розвитку біоенергетики

Роїк М. В. — доктор с.-г. наук, професор, академік НААН, директор ІБКЦБ; Ганженко О. М. — канд. техн. наук, завідувач відділу технологій вирощування біоенергетичних культур;

**Мета.** У статті наведено аналіз агроекологічного стану сільськогосподарських земель України та факторів, що призводять до деградації ґрунтів. Висновок. Одним із ключових факторів зменшення вмісту органічного вуглецю в ґрунті може стати широкомасштабне використання соломи для енергетичних цілей. Це призведе до активізації процесів мінералізації гумусу. Тому використання соломи для отримання енергії не відповідає критеріям сталого розвитку та порушує українське законодавство щодо раціонального використання земель. Сталій розвиток біоенергетики має ґрунтуватися на біомасі високопродуктивних біоенергетичних рослин, вирощених на малопродуктивних та деградованих (маргінальних) землях.

## ABSTRACT

UDC631.95:662.636:332.32

## AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF SUSTAINABLE BIOENERGY DEVELOPMENT

M. V. Roik, O. M. Hanzhenko

**Purpose.** The analysis of the agroecological state of agricultural lands of Ukraine and the factors that cause soil degradation are given in the article. Conclusions. Large-scale use of straw for energy may be one of the key factors in reducing organic carbon in the soil. This will activate the processes of humus mineralization. Therefore, the use of straw for energy production does not meet the criteria of sustainable development and violates Ukrainian legislation on land use. The sustainable bioenergy development must be based on the biomass of high-productive bioenergy plants, which should be grown on low-yielding and degraded (marginal) land.

УДК: 631.81:635.24:631.474

# ПРОДУКТИВНІСТЬ ТОПІНАМБУРА НА ОПІДЗОЛЕНИХ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТАХ

ЛОПУШНЯК В. —

д. с.-г. н., професор, головний науковий співробітник, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» НААН України, Харків, Україна;

БАРЧАК Б. —

д. габ., професор кафедри агрохімії, Технологічно-природничий університет імені Яна і Єдзєя Снядецьких, Бидгощ, Польща

ЯКУБОВСЬКИЙ Т. —

д. габ., професор, інж., Краківський аграрний університет імені Хугона Колонтия, Краків, Польща

ГРИЦУЛЯК Г. —

к. с.-г. н, доцент кафедри хімії, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» НААН України, вул. Чайковська, 4. м. Харків, Україна 61024. E-mail: [lopushniak@i.ua](mailto:lopushniak@i.ua)

**Постановка проблеми.** Сучасні тенденції розвитку біоенергетики в Україні вказують на динамічний розвиток ресурсної бази для отримання біосировини, так званого твердого біопалива (біопалива 1-го покоління). Натомість експертне

середовище розглядає перспективними напрями з виробництва рідких видів палива 2-го і 3-го покоління [20]. Концепцією розвитку біоенергетики до 2035 року в Україні визначено, що частка рідких видів біопалив повинна бути доведена до 14,4%, а виробництво біоетанолу — до 1,7 млн. т умовного палива [10]. За прогнозними оцінками, основною культурою для виробництва біоетанолу буде кукурудза на зерно, яка повинна забезпечити майже 82% від загального його виробництва з площею збирання понад 470 тис. га [11].

Вважаємо, що частковою альтернативою вирощуванню кукурудзи на зерно з метою отримання біоетанолу може бути топінамбур, який є культурою багаточільового використання та відзначається цілою низкою господарських корисних ознак, зокрема високим виходом сировини з одиниці площі для виробництва біоетанолу [14, 22, 24]. Вирощування топінамбура може слугувати ефективним засобом у вирішенні проблеми суспільної стурбованості з приводу конверсії продовольства в паливну сировину та зростанням цін на продукти харчування [20]. Іншим аспектом вирішення проблеми конкуренції між виробництвом продовольчої та біоенергетичної продукції є те, що топінамбур, на відміну від зерно-

вих культур, можна з успіхом вирощувати на малопродуктивних і маргінальних землях [1], які все частіше розглядають як важливий резерв розширення площ під енергетичними культурами [17, 21].

Топінамбур як високопродуктивна культура, хоча й не вибаглива до умов вирощування, проте добре реагує на застосування добрив [2, 8, 25]. Тому в умовах низького ступеня забезпечення елементами мінерального живлення, що можна спостерігати на деградованих малопродуктивних землях, важливо розробити таку систему удобрення, яка б за умови обмеженого ресурсного забезпечення задовільнила потребу культури в поживних речовинах та несуттєво впливала на формування собівартості біосировини.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В Україні площа малопродуктивних ґрунтів і тих, які піддалися різному ступеню й видам деградації, за різними оцінками сягає 10–15 млн. га [3], з них: 13,3 млн. га піддалися водній ерозії різного ступеня, вітровій — 6,0, хімічній деградації — 14,0, фізичній — 12,7 млн. га [15, 16].

Такі площі частково можуть розглядатися як перспективні для вирощування саме енергетичних культур, зокрема топінамбура, в тому числі й для виробництва біоетанолу.



Таблиця 1.

Зміна агрохімічних показників сірого лісового сильно змитого ґрунту за різних систем удобрення топінамбура

№ з/п	Варіант досліджу	Вміст гумусу, %	Гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту	Вміст основних елементів мінерального живлення, мг/кг ґрунту		
				азот лужногідролізованих сполук	рухомі сполуки фосфору	обмінні сполуки калію
	До закладання	1,37	1,64	56,4	39,7	68,2
1.	Контроль	1,36	1,65	50,2	36,2	64,6
2.	N100P50K160	1,37	1,72	67,0	39,1	65,5
3.	N140P90K160	1,36	1,74	75,6	42,2	72,9
4.	Гній 20 т/га	1,39	1,21	67,2	38,1	64,8
5.	Гній 20 т/га + Філазоніт 10 л/га	1,40	1,22	70,9	39,8	65,5
6.	Гній 10 т/га + N50P25K60	1,39	1,41	73,9	39,6	69,4
7.	Гній 15 т/га + N60P60K60	1,40	1,29	78,5	44,9	76,8
8.	Гній 20 т/га + N40P40K40	1,40	1,27	79,8	43,7	76,1
9.	N100P50K160 + Філазоніт 10 л/га	1,38	1,74	71,6	38,9	69,3
10.	N140P90K160 + Філазоніт 10 л/га	1,38	1,76	75,5	44,6	76,8
11.	Гній 15 т/га + N60P60K60 + Філазоніт 10 л/га	1,39	1,34	79,6	45,6	76,5
12.	Гній 20 т/га + N40P40K40 + Філазоніт 10 л/га	1,39	1,28	79,3	46,1	76,4
НІР <sub>05</sub> , %, ммоль/100 г ґрунту, мг/кг ґрунту		0,05	0,12	3,1	2,6	3,8

щення гідролітичної кислотності ґрунту, що опосередковано вказує на посилення деградаційних процесів під впливом мінеральних добрив. Натомість внесення мінеральних добрив сумісно з органічними і тільки органічними добривами зумовлювало суттєве зниження гідролітичної кислотності на 0,23–0,42 ммоль/100 г ґрунту, або на 14–26%. Зі збільшенням частки органічних добриву системі удобрення показник гідролітичної кислотності знижувався. Це вказує на певний меліора-

тивний ефект від внесення органічних добрив.

Добрива сприяють підвищенню вмісту доступних форм макроелементів у ґрунті. Застосування органо-мінеральної системи удобрення, порівняно з іншими системами, забезпечувало достовірне підвищення вмісту азоту лужногідролізованих сполук. Проте на підвищення вмісту доступних сполук фосфору і обмінних калію система удобрення практично не впливала. На їх вміст у ґрунті більше впливала норма вне-

сення добрив. За внесення добрив у нормі 270 кг/га NPK вміст рухомих сполук фосфору та обмінних калію становив, відповідно, 38,1–39,6 і 65,5–69,4 мг/кг ґрунту, а за внесення добрив у сумі 390 кг/га ґрунту — 42,2–46,1 і 72,9–76,8 мг/кг ґрунту.

Виконані дослідження в умовах виробництва вказують на суттєвий вплив застосування різних систем удобрення на показники продуктивності бульб топінамбура (табл. 2) та його зеленої маси (табл. 3).

Таблиця 2.

Вплив систем удобрення на продуктивність бульб топінамбура, середнє за 2015–2018 рр.

№ з/п	Варіант досліджу	Вага бульб з 1 рослини, г	Кількість бульб на 1 рослину, шт.	Середня вага 1 бульби, г	Врожай, т/га	Вміст сухої речовини, %	Вихід сухої речовини, т/га
1.	Контроль	402,82	25,1	16,0	19,56	24,3	4,75
2.	N <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub>	656,33	28,9	22,7	31,87	23,3	7,43
3.	N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>160</sub>	784,07	28,8	27,2	37,71	23,5	8,86
4.	Гній 20 т/га	653,04	28,3	23,1	31,71	23,4	7,42
5.	Гній 20 т/га + Філазоніт 10 л/га	667,66	28,6	23,3	32,42	23,5	7,62
6.	Гній 10 т/га + N <sub>50</sub> P <sub>25</sub> K <sub>60</sub>	670,75	28,5	23,5	32,57	23,3	7,59
7.	Гній 15 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	815,47	28,7	28,4	39,22	23,4	9,18
8.	Гній 20 т/га + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	835,63	28,8	29,0	40,19	23,1	9,28
9.	N <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>160</sub> + Філазоніт 10 л/га	702,36	28,4	24,7	33,78	23,6	7,97
10.	N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>160</sub> + Філазоніт 10 л/га	798,83	29,3	27,3	38,42	23,7	9,11
11.	Гній 15 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Філазоніт 10 л/га	842,29	29,5	28,6	40,51	23,5	9,52
12.	Гній 20 т/га + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + Філазоніт 10 л/га	834,80	29,6	28,2	40,15	23,5	9,44
НІР <sub>05</sub> , г., шт., г, т/га		29,74	1,42	1,04	1,67		

Зокрема, на контролі врожай бульб сягав 20 т/га, а застосування добрив сприяло суттєвому підвищенню врожаю бульб на 12,2–20,9 т/га, тобто на 58–107%. Найвищі показники врожайності бульб зафіксовані у варіантах органо-мінеральної системи удобрення (варіанти 11 і 12), де додатково вносили мікробіологічний препарат Філазоніт МЦ. Слід зазначити, що внесення Філазоніту забезпечило стійку тенденцію до підвищення врожаю в усіх варіантах, де його вносили, порівняно з варіантами без Філазоніту. Проте такий приріст всюди був в межах статистичної похибки. Органічна та мінеральна системи удобрення з однаковою кількістю внесених добрив не забезпечували врожаю на рівні органо-мінеральної.

На формування продуктивності агрофітоценозів важливий вплив має вага бульб із однієї рослини, кількість і маса бульб. Вага бульб із однієї рослини в умовах дослідів змінювалася у великому діапазоні значень. Так, у контрольному варіанті цей показник становив 403 г, а вже за внесення 270 кг мінеральних добрив (варіант 2) цей показник зріс на 253,5 г, або на 63%. Найвищими показниками ваги бульб із однієї рослини в межах 840 г/рослину в умовах дослідів відзначалися варіанти з найвищим рівнем врожаю бульб.

Середня кількість бульб на одну рослину у варіантах із внесенням добрив змінювалася в незначному діапазоні значень порівняно з показником середньої ваги бульби, який з підвищенням норми внесення добрив зростав від 22,7 до 28,6 г. Загалом, це дуже важливий показник, оскільки збільшення маси бульби зумовлює вищі показники товарності бульб топінамбура, полегшує технологічні процеси збирання й первинної пе-

реробки, зумовлює зниження непродуктивних втрат під час збирання врожаю.

Залежність формування ваги бульб із однієї рослини від середньої ваги однієї бульби можна описати таким рівнянням множинної регресії (рис. 1):

$$y = 25,958x + 553,38,$$

де,  $y$  — вага бульб з однієї рослини, г;

$x$  — середня вага однієї бульби, г.

Цей вплив за шкалою Чеддока можна вважати як істотний ( $R^2=0,549$ ).

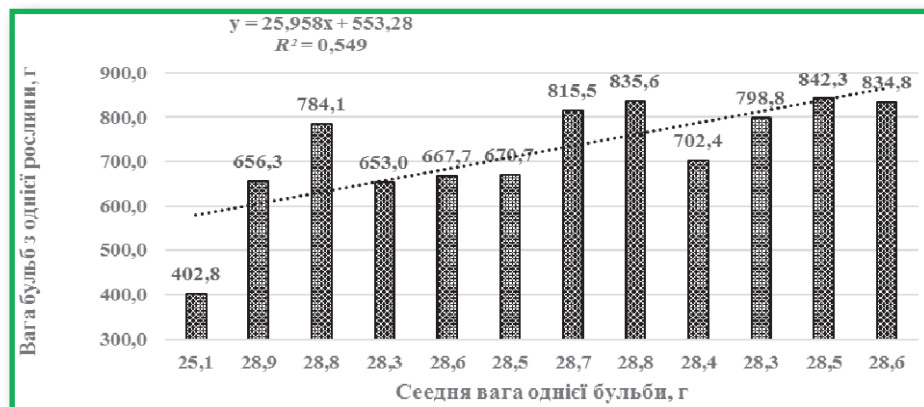
Після збирання врожаю визначали вміст сухої речовини в бульбах топінамбура. Цей показник практично не залежав від застосування добрив і становив 23,1–24,3%. Розрахунок виходу сухої речовини з одиниці площі з урахуванням її вмісту в урожаї показав, що з бульбами топінамбура збір сухої речовини становив 7,43–9,52 т/га, що на 2,7–4,8 т/га переважало показники контролю.

Добрива, які застосовували в наших дослідженнях, не тільки сприяли підви-

щенню продуктивності бульб, але й зумовлювали посилення росту рослин, інтенсивне формування вегетативної маси (див. табл. 2).

На контролі без добрив врожай зеленої маси в середньому за 2015–2018 роки становив в межах 16 т/га. Застосування систем удобрення забезпечило зростання продуктивності зеленої маси на 13,3–18,8 т/га, що на 88–122% переважало показники контрольного варіанта. Найвищі показники виходу зеленої маси й, відповідно, сухої речовини було відзначено у варіантах органо-мінеральної системи з внесенням біопрепарату Філазоніт (варіанти 11 і 12). У цих варіантах урожай зеленої маси становив, відповідно, 34–35 т/га, а вихід сухої речовини — 5,25–5,37 т/га.

Формування врожаю зеленої маси забезпечує вага рослин на одиниці площі. Найвищі показники ваги однієї рослини забезпечили варіанти з найвищими по-

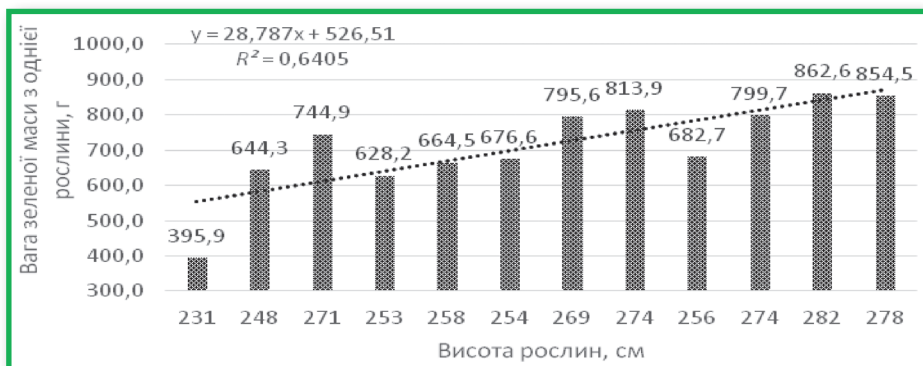


**Рис. 1.** Залежність ваги бульб з однієї рослини від середньої ваги однієї бульби, середнє за роки досліджень

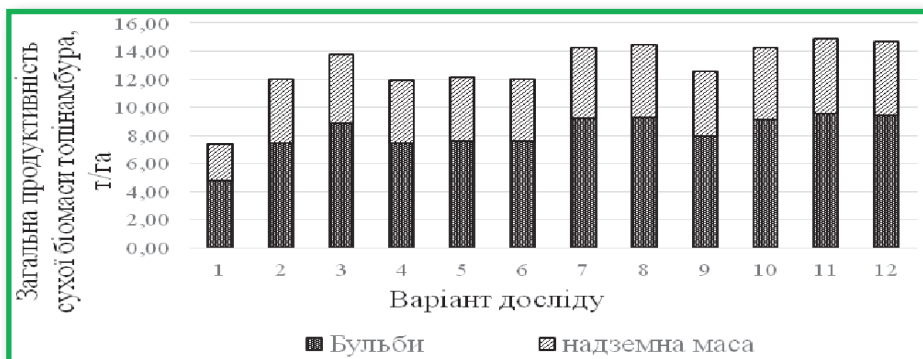
**Таблиця 3.**

Вплив удобрення на продуктивність зеленої маси топінамбура, середнє за 2015–2018 рр.

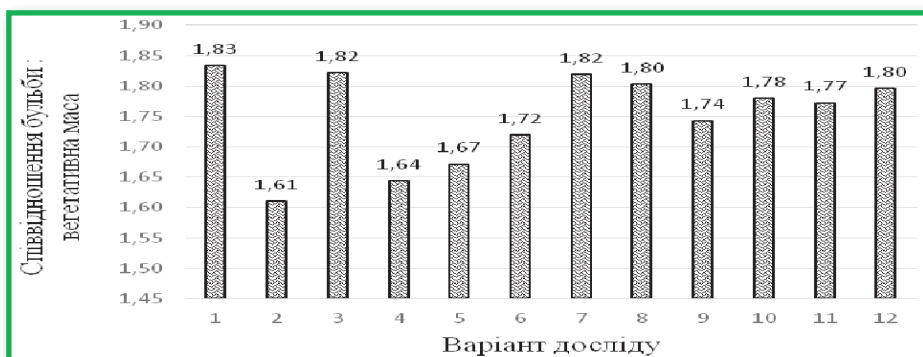
№ з/п	Варіант дослідів	Висота стебла, см	Маса стебел з однієї рослини, г	Врожай, т/га	Вміст сухої речовини, %	Вихід сухої речовини, т/га
1.	Контроль	231	395,88	15,94	16,26	2,59
2.	N100P50K160	248	644,32	29,31	15,93	4,61
3.	N140P90K160	271	744,90	31,72	15,34	4,87
4.	Гній 20 т/га	253	628,16	28,60	15,78	4,51
5.	Гній 20 т/га + Філазоніт 10 л/га	258	664,51	29,06	15,68	4,56
6.	Гній 10 т/га + N50P25K60	254	676,63	28,22	15,64	4,41
7.	Гній 15 т/га + N60P60K60	269	795,64	32,90	15,34	5,05
8.	Гній 20 т/га + N40P40K40	274	813,91	33,55	15,35	5,15
9.	N100P50K160 + Філазоніт 10 л/га	256	682,69	29,19	15,67	4,57
10.	N140P90K160 + Філазоніт 10 л/га	274	799,70	33,15	15,43	5,12
11.	Гній 15 т/га + N60P60K60 + Філазоніт 10 л/га	282	862,62	34,76	15,46	5,37
12.	Гній 20 т/га + N40P40K40 + Філазоніт 10 л/га	278	854,50	34,06	15,43	5,25
	НІР05, см, г, т/га	12,5	32,8	1,48		



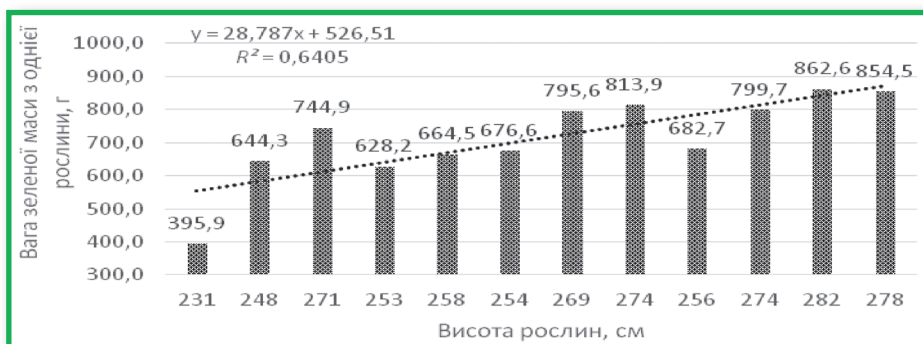
**Рис. 2.** Залежність ваги зеленої маси від висоти рослин топінамбура, середнє за роки досліджень



**Рис. 3.** Загальний збір сухої біомаси бульбами і вегетативною масою топінамбура, середнє за роки дослідження



**Рис. 4.** Співвідношення у сухій масі бульби: вегетативна маса, середнє за роки досліджень



**Рис. 5.** Зміна загальної продуктивності сухої маси за роки досліджень в окремих варіантах: 1 — середній показник загального виходу сухої маси впродовж 4 років досліджень; 2 — загальний вихід сухої маси, 2015 р.; 3 — загальний вихід сухої маси, 2016 р.; 4 — загальний вихід сухої маси, 2017 р.; 5 — загальний вихід сухої маси, 2018 р.; I, III, XI — варіанти досліджу.

казниками продуктивності — варіанти 11 і 12. У цих варіантах вага однієї рослини сягала 863 г/рослину, що майже на 470 г/рослину переважало аналогічний показник контрольного варіанта без добрив.

В умовах досліджу закономірності залежності кількості стебел від застосування добрив не встановлено.

Вага однієї рослини пов'язана з висотою рослин (рис. 2). Цю залежність можна описати лінійним рівнянням множинної регресії:

$$y = 28,787x + 526,51,$$

де  $y$  — вага зеленої маси однієї рослини, г;

$x$  — висота рослин, см.

Таку залежність можна вважати істотною, оскільки коефіцієнт множинної детермінації  $R^2 = 0,64$ .

Загальний збір сухої речовини з бульбами та вегетативною масою топінамбура суттєво залежав від застосування добрив (рис. 3). На контролі цей показник становив 7,34 т/га, а у варіантах із добривами він зростав на 4,7–7,6 т/га. Найвищі показники продуктивності агрофітоценозу топінамбура зафіксовані у варіантах органічно-мінеральної системи удобрення із застосуванням Філазоніту. В цих варіантах продуктивність сухої маси становила 14,7–14,9 т/га і переважала показники не тільки контрольного варіанту, але й показники органічної та мінеральної систем удобрення з внесенням аналогічної кількості елементів мінерального живлення.

Аналіз структури продуктивності сухої маси в агрофітоценозах топінамбура (рис. 4) вказує, що за нижчої норми внесення добрив ( $\Sigma NPK = 270$  кг/га) співвідношення бульби: вегетативна маса знижується до значень 1,61–1,74. Збільшена норма внесення добрив ( $\Sigma NPK = 390$  кг/га) забезпечує формування більшої маси бульб та наближення показників співвідношення врожаю бульби: зелена маса до фізіологічних норм, або показників варіанта без застосування добрив (контролю).

Топінамбур — культура багаторічного використання. Водночас за чотири роки вегетації в умовах досліджень вона показала суттєве зниження продуктивності порівняно з початковими показниками в усіх варіантах, де вносили добрива (рис. 5).

Наприклад, у варіанті з найвищим рівнем продуктивності (варіант 11) вихід сухої маси становив 18,6 т/га у 2015 році, а продуктивність у 2018 році в цьому варіанті становила 11,4 т/га. За цей період продуктивність різко знизилася практично в усіх варіантах досліджу з добривами майже до однакового рівня й коливалася в межах 9,4–11,4 т/га сухої маси. Однак і за таких умов приріст продуктивності становив 1,1–3,2 т/га порівняно з контрольним варіантом без внесення добрив, що на 13–37% переважало його показники.

Такі тенденції можуть підтверджу-

вати тезу про те, що добрива відіграють ключову роль у формуванні продуктивності топінambuра та проявляють себе у післядії. З іншого боку, під час планування використання плантацій топінambuра слід розробляти системи удобрення з урахуванням біологічних особливостей культури та фізіологічних потреб, а також правильно розраховувати циклічність удобрення. Це суттєво може підвищити окупність добрив та забезпечити значно вищі показники продуктивності агрофітоценозів цієї культури.

**Висновки.** Таким чином, на основі джерел бібліографії та виконаних власних досліджень можна зробити низку висновків про можливості закладання та використання плантацій топінambuра на деградованих опідзолених ґрунтах.

Топінambuр як енергетична культура може слугувати частковою альтернативою кукурудзі, яка вирощується на зерно для біоенергетичних цілей, для заміщення сировинної бази виробництва біоетанолу. За біологічною продуктивністю та виходом біоетанолу з одиниці площі топінambuр не поступається іншим сільськогосподарським культурам, зокрема

тим, які є ключовими у виробництві продовольства.

Топінambuр з успіхом можна вирощувати на угіддях, які відзначаються низьким рівнем біопродуктивності ґрунтового покриву, зокрема деградованих, агрогенно трансформованих, порушених та маргінальних ґрунтах.

Топінambuр як багаторічна високопродуктивна культура відзначається високою окупністю затрат, зокрема на внесені добрива. Застосування добрив під топінambuр, незважаючи на деяке зниження частки сухої речовини в урожаї, забезпечує значні прирости врожаю й підвищення виходу сухої маси з одиниці площі. Дія та післядія добрив спостерігається навіть через чотири роки після внесення на деградованих ґрунтах. Однак в системах удобрення топінambuра слід правильно розраховувати повторність агротехнологічних заходів, пов'язаних із внесенням добрив. Це дозволяє суттєво підвищувати продуктивність агрофітоценозів і вихід біомаси з одиниці площі.

Системи удобрення здійснюють неоднаковий вплив на формування поживного режиму деградованого ґрунту. Органо-мі-

неральна система удобрення відзначається позитивним впливом на кислотність ґрунтового середовища, а також на вміст доступних форм основних елементів мінерального живлення в ґрунті.

Під час внесення добрив інтенсивніше наростає зелена маса, порівняно з врожаєм бульб. Застосування добрив у менших кількостях впливає на підвищення врожаю надземної біомаси, а підвищені норми повних мінеральних добрив забезпечують в більшій мірі зростання врожаю бульб топінambuра.

Додатковим чинником підвищення біопродуктивності агрофітоценозів топінambuра є внесення біологічно активних препаратів, а саме Філазоніту МЦ, який сприяє несуттєвому підвищенню врожаю бульб топінambuра й достовірному підвищенню врожаю надземної біомаси через активізацію мікробіологічних процесів у ґрунті та ростових процесах рослин.

Органо-мінеральна система удобрення топінambuра має суттєві переваги перед органічною та мінеральною, оскільки забезпечує найвищу продуктивність зеленої маси й бульб, а також найвищий вихід сухої маси з урожаєм.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Агроэкологическое обоснование ведения сельскохозяйственного производства на мелиорируемых длительно используемых, нарушенных и загрязнённых землях: монография / Ю. А. Мажайский, Т. Ф. Персикова и др. Рязань: ФГБОУ ВПО РГТУ, 2015. 508 с.
2. Бабич А. А., Боллоховская Т. А., Бежацкая Т. Я. Урожайность вегетативной массы топинамбура и питательность силоса в зависимости от удобрений и густоты растений в условиях Центральной Лесостепи Украины. Топинамбура и топинамбур — проблемы возделывания: тезисы докладов III Всесоюз. науч.-произв. конф. Одесса, 1991. С. 17–19.
3. Балюк С. А., Медведев В. В., Воротинцева Л. И., Шимель В. И. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. Вісник аграрної науки, 2017. № 8. С. 5–11.
4. Волкогон В. В., Бердніков О. М., Лопушняк В. І. Екологічні аспекти систем удобрення сільськогосподарських культур: монографія. К.: Аграрна наука, 2019. 264 с.
5. Гаськевич О. Фізична деградація ґрунтів Гологоро-Кременецького Горбогір'я. Вісник Львівського університету. Серія географічна, 2013. Вип. 46. С. 85–92.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Дубковецкий С. В., Влох В. Г. Цей дивовижний топинамбура. Природа лікує. 1997. № 3–4. С. 26.
8. Дубковецкий С. В. Вплив добрив на продуктивність топинамбура. Землеробство. К., 1998. Вип. 72. С. 105–113.
9. Дубковецкий С. В., Влох В. Г. Топинамбура сорту Львівський. Вчені Львівського НАУ — виробництву. Каталог наукових розробок. Львів: ЛНАУ, 2008. Вип. 8. С. 23.
10. Енергетична стратегія України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. [електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (дата звернення: 27.12.2019 р.)
11. Концепція розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року (проект). [Роїк М. В., Сінченко В. В., Бондар В. С., Фурса А. В., Гументик М. Я.]. Біоенергетика, 2019. № 2 (14). С. 4–9.
12. Лопушняк В. І. Екологічний стан темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем удобрення. Агроекологічний журнал, 2013. № 3. С. 47–52.
13. Лопушняк В. І., Слобода П. М. Вплив систем удобрення топинамбура на біологічний стан сірого лісового ґрунту Західного Лісостепу України. Збалансоване природокористування, 2014. № 1. С. 97–101.
14. Лопушняк В., Слобода П. Високопродуктивна енергетична культура для виробництва біоетанолу. Motrol. Lublin, 2012. Vol. 14. No 4. P. 150–154.
15. Наукове забезпечення управління ґрунтовими ресурсами в контексті євроінтеграційних процесів: наукова доповідь. [А. С. За-

- ришняк, С. А. Балюк, В. В. Медведев та ін.]. Харків, 2016. 44 с.
16. Охорона ґрунтів. Деградація: ДСТУ 7874: 2015. [Чинний від 2015–06–22]. К.: Укр НДНЦ, 2016. 9 с. (Національний стандарт України).
17. Персикова Т. Ф., Царёва М. В. Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы при применении куриного помёта: Актуальні проблеми агрохімії та ґрунтознавства: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 18–19 лютого, 2016 р. Львів, 2016. С. 56–59.
18. Перспективы использования топинамбура для производства биоэтанола [Э. С. Рейнгарт, Н. К. Кочнев, А. Г. Пономарев и др.]. Достижения науки и техники АПК. М., 2008. № 1. С. 38–40.
19. Сарнацкий П. Л. Нетрадиционные культуры в кормопроизводстве. Достижения науки и техники АПК. М., 1990. № 9. С. 23.
20. Сінченко В. М., Гументик М. Я., Бондар В. С. Класифікація видів біопалива та перспективи їх виробництва в Україні. Біоенергетика, 2014. № 1. С. 5–6.
21. Сінченко В. М., Ягольник О. О. Європейський досвід сталого виробництва біосировини на малопродуктивних землях — в Україні. Біоенергетика, 2019. № 1(13). С. 19–22.
22. Слобода П. М., Лопушняк В. І. Система удобрення топинамбура: монографія. Львів: Простір М, 2017. 202 с.
23. Чупрова Н. А., Рязанова Т. В. Получение биоэтанола из вегетативной части топинамбура. Химия растительного сырья, 2010. № 2. С. 49–52.
24. Lopushniak V., Sloboda P. Bioenergetical appraisal of the technology of Jerusalem artichokes growing at different systems of fertilization in Western Foreststeppe regions of Ukraine. Econtechmod. An international quarterly journal, 2014. Vol. 3 (4). P. 29–33.
25. Rodrigues M. A., Sousa L., Cabanas J. E., Arrobas M. Tuber yield and leaf mineral composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) grown under different cropping practices. Spanish Journal of Agricultural Research, 2007. No 5(4). P. 545–553.
26. Rossini F., Prowenzano M. E., Kuamanovic L., Ruggeri R. Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): A Versatile and Sustainable Crop for Renewable Energy Production in Europe Agronomy 2019, Vol. 9. 528 P.
27. Zu Xin Liu, Yosef Steinberger, Xu Chen, Ji Shi Wang, Guang Hui Xie. Chemical composition and potential ethanol yield of Jerusalem artichoke in a semi-arid region of China. Italian Journal of Agronomy 2015; Vol. 10:603. P. 34–43.

#### REFERENCES:

1. Agroecological justification of agricultural production on reclaimed long-term used, disturbed and polluted lands: monograph / Yu. A. Mazhaiskyi, T. F. Persykova and others. Riazan: FHBOU VPO RHATU, 2015. 508 p.
2. Babych A. A., Bolokhovskaia T. A., Bekhtskaja T. Ya. The yield of vegetative mass of artichoke, and nutritive value of silage, depending on fertilizer and plant density in a central forest-steppe of Ukraine. Artichoke and artichoke — problems of cultivation: abstracts of the III All-Union. Scientific production conf. Odessa, 1991. P. 17–19.

3. Baliuk S. A., Medvediev V. V., Vorotuntheva L. I., Shymel V. I. Current problems of soil degradation and measures to reach a neutral level. *Bulletin of agrarian science*, 2017. № 8. P. 5–11.

4. Volkohon V. V., Berdnikov O. M., Lopushniak V. I. Environmental aspects of crop fertilization systems: a monograph. K.: Agrarian science, 2019. 264 p.

5. Haskevych O. Physical degradation of soils of the Gologor-Kremenets Gorbogorye. *Bulletin of the University of Lviv. Series Geographical*, 2013. Issue. 46. P. 85–92.

6. Dospekhov B. A. Methodology of field experience. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.

7. Dubkovetskyi S. V. Vlokh V. H. This amazing artichoke. *Nature heals*, 1997. № 3–4. P. 26.

8. Dubkovetskyi S. V. Effect of fertilizers on the performance of artichoke. *Agriculture*. K., 1998. V. 72. P. 105–113.

9. Dubkovetskyi S. V. Vlokh V. H. Artichoke. *Scientists of Lviv NAU — production. Catalog of scientific developments*. Lviv: LNAU, 2008. Vol. 8. P. 23.

10. Ukraine's Energy Strategy for 2035 «Security, Energy Efficiency, Competitiveness», approved by the Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 18, 2017 No. 605-p. [Electronic resource]. — Access mode: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (accessed: 27.12.2019 p.)

11. The concept of bioenergy development in Ukraine for the period up to 2035 (project). [Roik M. V., Sinchenko V. V., Bondar V. S., Fursa A. V., Humentyk M. Ya.]. *Bioenergy*, 2019. № 2 (14). P. 4–9.

12. Lopushniak V. I. Ecological status of dark gray podzolized soil under different fertilizer systems. *Agroecological Journal*, 2013. № 3. P. 47–52.

13. Lopushniak V. I. Sloboda P. M. Influence of artichoke fertilizer systems on biological condition of gray forest soil of Western Forest-steppe of Ukraine. *Balanced Nature Management*, 2014. № 1. P. 97–101.

14. Lopushniak V. I. Sloboda P. High-performance energy culture for bioethanol production. *Motrol. Lublin*, 2012. Vol. 14. No. 4. P. 150–154.

15. Scientific support of soil resource management in the context of European integration processes: scientific report. [A. S. Zaryshniak, S. A. Baliuk, V. V. Medvediev and other]. Kharkiv, 2016. 44 p.

16. Soil protection. Degradation: DSTU7874: 2015. [Effective 2015–06–22]. K.: Ukr SIC, 2016. 9 p. (National Standard of Ukraine).

17. Peryskova T. F., Tsareva M. V. Changes in fertility of sod-podzolic soil in the use of chicken litter: Current problems of agrochemistry and soil science: materials Intern. Research Practice Conf., February 18–19, 2016, Lviv, 2016. P. 56–59.

18. Prospects for the use of artichoke for the production of bioethanol [E. S. Reingart, N. K. Kochnev, A. G. Ponomarev and others]. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. M., 2008. No. 1. P. 38–40.

19. Sarnatskyi P. L. Unconventional crops in fodder production. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. M., 1990. No. 9. P. 23.

20. Sinchenko V. M., Humentyk M. Ya., Bondar V. S. Classification of biofuels and their production prospects in Ukraine. *Bioenergy*, 2014. No. 1. P. 5–6.

21. Sinchenko V. M., Yabolnyk O. O. European experience of sustainable production of bio-raw materials on low-productive lands — in Ukraine. *Bioenergy*, 2019. No. 1 (13). P. 19–22.

22. Sloboda P. M., Lopushniak V. I. Artichoke fertilizer system: a monograph. Lviv: Prostrir-M, 2017. 202 p.

23. Chuprova N. A., Riazanova T. V. Obtaining bioethanol from the vegetative part of artichoke. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 2010. No. 2. P. 49–52.

24. Lopushniak V., Sloboda P. Bioenergetical appraisal of the technology of Jerusalem artichokes growing at different systems of fertilization in Western Forest-steppe regions of Ukraine. *Econtechmod. An international quarterly journal*, 2014. Vol. 3 (4), P. 29–33.

25. Rodrigues M. A., Sousa L., Cabanas J. E., Arrobas M. Tuber yield and leaf mineral composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) grown under different cropping practices. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2007. No 5(4), P. 545–553.

26. Rossini F., Proenzano M. E., Kuamanovic L., Ruggeri R. Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): A Versatile and Sustainable Crop for Renewable Energy Production in Europe *Agronomy* 2019, 9, 528.

27. Zu Xin Liu, Yosef Steinberger, Xu Chen, Ji Shi Wang, Guang Hui Xie. Chemical composition and potential ethanol yield of Jerusalem artichoke in a semi-arid region of China. *Italian Journal of Agronomy* 2015; Vol. 10:603. P. 34–43.

## АНОТАЦІЯ

**Продуктивність топінамбура на опідзолених деградованих ґрунтах**

УДК: 631.81:635.24:631.474

ЛОПУШНЯК В., доктор с.-г. наук,

БАРЧАК Б., д. габ.,

ЯКУБОВСКИ Т., д. габ.,

ГРИЦУЛЯК Г., к.с.-г.н.

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» НААН України, вул. Чайковська, 4. м.

Харків, Україна 61024 lopushniak@i.ua.

**Мета досліджень.** Визначити раціональні системи удобрення топінамбура на ґрунтах із низькою потенційною родючістю для підвищення біопродуктивності агрофітоценозів заради зміцнення сировинної бази для виробництва біоетанолу. **Методи.** Польовий, обліковий, лабораторний, аналітичний. **Результати.** Встановлено, що топінамбур можна успішно вирощувати на деградованих ерозійно уражених опідзолених ґрунтах, які відзначаються низьким рівнем родючості. За раціональної органо-мінеральної системи удобрення з внесенням в основне удобрення гною 15–20 т/га та N40–65P40–53K40–70, а також внесенням мікробіологічного препарату Філазоніт МЦ 10 л/га продуктивність бульб і зеленої маси топінамбура суттєво підвищується порівняно з варіантом без внесення добрив, а загальний вихід сухої біомаси зростає на 7,3–7,5 т/га або на 100–102%. Однак у процесі використання плантацій на 3–4 рік вихід сухої біомаси суттєво знижується. Тому необхідне повторне внесення добрив. Системи удобрення здійснюють неординарний вплив на формування поживного режиму деградованого ґрунту. Органо-мінеральна система удобрення відзначається певним меліоративним впливом на ґрунтову систему та сприяє зниженню кислотності ґрунтового середовища, забезпечуючи зниження показників гідролітичної кислотності на 0,23–0,42 ммоль/100 г ґрунту, або на 14–26%. Зі збільшенням частки органічних добрив у системі удобрення показник гідролітичної кислотності знижується. Внесення добрив зумовлює підвищення вмісту доступних форм основних елементів мінерального живлення у ґрунті. **Висновки.** Органо-мінеральна система удобрення топінамбура має суттєві переваги перед органічною та мінеральною, оскільки за однакової розрахункової кількості внесених поживних речовин забезпечує найкращі агрохімічні показники ґрунту, найвищий врожай зеленої маси й бульб, що зумовлює найвищий вихід сухої маси з врожаєм. Під час внесення добрив інтенсивніше наростає зелена маса, порівняно з врожаєм бульб. Застосування добрив у менших кількостях впливає на підвищення врожаю надземної біомаси, а підвищені норми повних мінеральних добрив (ΣNPK = 390 кг/га діючої речовини) забезпечують підвищення частки бульб у загальному показнику виходу сухої маси. Додатковим чинником підвищення біопродуктивності агрофітоценозів топінамбура є внесення біологічно активних препаратів, а саме Філазоніту МЦ, який сприяє несуттєвому підвищенню врожаю бульб топінамбура та достовірному підвищенню врожаю надземної біомаси через активізацію мікробіологічних процесів у ґрунті та ростових процесів рослин.

**Ключові слова:** деградований ґрунт, агрохімічні показники, топінамбур, бульби, вегетативна маса, суха маса, продуктивність.

## ABSTRACT

### PRODUCTIVITY OF TOPINAMBUR ON PODZOLIC DEGRADATED SOILS

Lopushniak V., Barchak B., Yakubovskiy T., Hrytsuliak H. National Scientific Center Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 4 Chaikovskiy St., 4. Kharkiv, Ukraine lopushniak@i.ua

**Purpose of research.** To determine rational fertilization systems for growing topinambur on low fertility soil to increase the productivity of plant community in order to strengthen the feedstock base for the production of bioethanol. **Methods.** Field, accounting, laboratory, and analytical. **Results.** It was established that the topinambur can be successfully grown on degraded eroded podzolic low fertility soil. A rational organo-mineral fertilizer system with the introduction of 15–20 t/ha of manure and N40–65P40–53K40–70 as well as the introduction of the microbiological formulation Filazonit MC (10 L/ha) improves the productivity and green weight of Jerusalem artichoke significantly compared without fertilizer. The total yield of dry biomass increases by 7.3–7.5 t/ha or by 100–102%. However, in the process of using plantations for 3–4 years, the yield of dry biomass is significantly reduced. Therefore, re-fertilization is required. Fertilizer systems exert unequal influence on the formation of the nutrient regime of degraded soil. The organo-mineral fertilizer system is characterized by a certain ameliorative effect on the soil system and helps to reduce the acidity of the soil environment, reducing hydrolytic acidity by 0.23–0.42 mmol/100 g of soil, or by 14–26%. As the proportion of organic fertilizers in the fertilizer system increases, the hydrolytic acidity index decreases. Fertilizing causes an increase in the content of the available basic mineral nutrients in the soil. **Conclusions.** Organo-mineral fertilizer system for artichoke has significant advantages over organic and mineral ones, because of the best agrochemical indices of soil, the highest yield of green mass and the tubers, which leads to the highest yield dry weight of the harvest. During fertilization, the green mass increases more intensively than the tuber crop. The use of fertilizers in smaller quantities increases the yield of aboveground biomass, and the increased rates of complete mineral fertilizers (ΣNPK = 390 kg/ha of active substance) provide an increase in the proportion of tubers in the total dry matter yield. An additional factor in increasing biological productivity of artichoke's plant community is the introduction of biologically active agents, such as Filazonit MC, which contributes insignificantly artichoke tubers improve yield and yield a significant increase in aboveground biomass through activation of microbiological processes in soil and plant growth processes.

**Keywords:** degraded soil, agrochemical parameters, Jerusalem artichoke, tubers, vegetative mass, dry weight, productivity.