

26. Neohrafichni karty Ukrainy [Geographical maps of Ukraine]. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/index.html> [in Ukrainian].
27. Typolohichna kharakterystyka lisiv Ukrayiny [Typological characteristics of forests of Ukraine]. URL: <http://po-teme.com.ua/lesnoe-i-parkovoe-khozyajstvo/lektzii-po-lesnomu-khozyajstvu/2262-tipologichna-kharakteristika-lisiv-ukrajini.html> [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мартиненко Василь Валентинович — старший науковий співробітник, Природний заповідник «Древлянський» (вул. Замкова, 188, смт Народичі, Україна, 11401); аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: martinenko.vasil@ukr.net; тел.: (068)5911338; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2526-6732>).

Коніщук Василь Васильович — доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net; тел.: (097)7007534; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-5642>).

УДК 630.181:58

DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2020.212609>

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СИЛЬФІЇ ПРОНИЗАНОЛИСТОЇ (*SILPHINIUM PERFOLIATUM* L.) ЗА РІЗНИХ НОРМ ВНЕСЕННЯ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ

В.І. Лопушняк,

доктор сільськогосподарських наук

Національний науковий центр «Інститут Ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (Україна, м. Харків); e-mail: lopushniak@i.ua

Г.М. Грицуляк,

кандидат сільськогосподарських наук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, (Україна, м. Івано-Франківськ); e-mail: gritsulyaka@ukr.net

Встановлено закономірності зміни основних біометричних показників енергетичної культури сільфії пронизанолистої за внесення осаду стічних вод на дерново-підзолистих ґрунтах Передкарпаття. Проведено порівняльний аналіз морфометричних показників, а саме зміни висоти та діаметра пагонів, кількість листків на пагоні, довжину й ширину листків.

За допомогою Microsoft Excel проведено статистичний аналіз показників. З використанням програми Area S 2.1 визначено площу листкової поверхні сільфії пронизанолистої. Складено математичні рівняння, що дають можливість прогнозувати залежність між висотою рослин та продуктивністю, залежність між висотою рослин і площею листкової поверхні сільфії пронизанолистої. Складено модель продуктивності сільфії пронизанолистої залежно від висоти рослин і кількості листків на рослині.

Ключові слова: удобрення, біометричні показники, площа листкової поверхні, вихід сухої речовини, сільфія пронизанолиста.

ВСТУП

Розвиток альтернативної енергетики є одним із шляхів вирішення енергетичної кризи. Світовий досвід доводить ефективність і перспективність вирощування біомаси як сировини для виробництва теплової та електричної енергії [6;9]. Однією з перспективних енергетичних культур є сільфія пронизанолиста [16; 19]. Ця

культура є невибагливою до ґрунтово-кліматичних умов [1; 7]. Вирощування сільфії сприяє підвищенню продуктивності орних земель, мінімізації обробітку ґрунту, поліпшує його агрофізичні та агрохімічні властивості, а з іншого — потребує менше енерговитрат на вирощування, ніж це необхідно для вирощування інших нетрадиційних енергетичних культур [4; 12].

Однак виробниче впровадження цієї малопоширеної культури в Україні здійснюється на рівні наукових досліджень [8; 14; 15].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сильфія пронизанолиста (*Silphium perfoliatum* L.) належить до родини айстрових (Asteraceae). Походить із Північної Америки, а в Європу завезена у XVIII ст. Ця культура відзначається широкою екологічною пластичністю та цінними біологічними і господарськими властивостями. Згідно з літературними джерелами, продуктивний потенціал сильфії дуже високий. З кожного гектара вона формує у середньому 70–100 т вегетативної маси, іноді і більше. Може вирощуватися на одному полі до 15–30 років. Її використовують переважно для виготовлення силосу й вітамінного борошна, що є цінним кормом для великої рогатої худоби й овець [2; 3; 21]. Сильфія може дати з одиниці площі набагато більше кормових одиниць, ніж традиційна кормово-силосна культура — кукурудза. Крім кормових переваг, сильфія має чудові медоносні властивості й може бути використана як перспективний пізнюлітній медонос та пилконос.

Водночас, завдяки високому стеблу та продуктивності вегетативної біомаси її почали розглядати як енергетичну культуру. Стебло сильфії досягає триметрової висоти, а врожайність понад 100 т/га зеленої маси. Науковці стверджують, що найурожайнішими багаторічними енергетичними культурами є міскантус гігантський (28,8 т на 1 га сухої маси), топінамбур (26,6 т з 1 га) та сильфія пронизанолиста (24,2 т з 1 га) [11; 17; 18].

Мета досліджень — встановити рівні продуктивності сильфії пронизанолистої за внесення різних норм осаду стічних вод на дерново-підзолистіх ґрунтах Передкарпаття.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали в Тисменицького р-ні Івано-Франківської обл. на дерново-підзолистіх деградованих ґрунтах на території населеного пункту Майдан (ст. Ценжів) та на колекційно-дослідному полі Івано-Франківського коледжу Львівського національного аграрного університету за загальноприйнятими методиками досліджень [15; 17]. Визначення вмісту гумусу в ґрунті проводили за методом Тюріна, визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова, вміст сполук азоту нітратних та амонійних форм за методом Корнфілда [5; 6]. Мікроелементи у рослинах визначали атомно-абсорбційним методом. Хімічний склад досліджуваного ґрунту та компостів

визначали за допомогою аналізатора EXPERT 3L, що дало змогу контролювати агрохімічні показники ґрунтів із точністю до 0,005% [10; 13]. Для визначення площі листової поверхні використовували метод сканування. Аналіз відсканованих зображень здійснювали з використанням програми Area S 2.1 [4; 20; 22].

Схема польових дослідів включала такі варіанти:

1. Без добрив — контроль.
2. N₆₀P₆₀K₆₀.
3. N₉₀P₉₀K₉₀.
4. ОСВ — 20 т/га + N₅₀P₅₂K₇₄.
5. ОСВ — 30 т/га + N₃₀P₃₃K₆₆.
6. ОСВ — 40 т/га + N₁₀P₁₄K₅₈.
7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 20 т/га + N₅₀P₁₆K₆₇.
8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 30 т/га + N₃₀K₅₅.

Варіанти 3–8 збалансовані за внесенням основних елементів живлення.

Підготовку ґрунту здійснювали в другій декаді березня. Через два тижні після оранки проводили розпушення ґрунту та внесення осаду стічних вод і компостів на їх основі згідно зі схемою польового дослідів під заробляння дисковою бороною на глибину до 15–20 см. Висівання насіння здійснювали в середині квітня 2016 р. Схема висівання сильфії пронизанолистої — 0,50×0,70 м. Ширина дослідної ділянки становить 5,0 м; довжина — 7,0 м; облікова площа — 35,0 м². Загальна площа дослідної ділянки 63 м². Розміщення ділянок у триразовій повторності, систематичне. Всі роботи, крім підготовки ґрунту, проводили вручну. В лунку кидали 4–5 насінин на глибину 2–3 см.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Найбільше впливали на формування рівня врожайності біомаси в зоні Прикарпаття норми удобрення. Як удобрення використовували осад стічних вод та компости на основі осаду стічних вод і соломи у співвідношенні (3 : 1). Осад стічних вод, який використовували в дослідженнях, відбирали із мулових карт Івано-Франківської станції аерації державного концерну «Екотехпром» в с. Ямниця Тисменицького р-ну Івано-Франківської обл.

Провели аналіз осаду стічних вод та компостів, які використовували в дослідженнях, під внесення добрив під сильфію пронизанолисту. Осад стічних вод відзначається підвищеним вмістом органічної речовини (76%) порівняно з іншими органічними матеріалами, але меншими порівняно з компостом на 3%. Показник рН середовища в осаді стічних вод та компості становить 5,1 і 7,2 відповідно. Показники вмісту

фосфору та калію 2,51 і 2,16 мг/кг відповідно (рис. 1).

Ґрунт дослідної ділянки в орному шарі (0–20 см) відзначався такими показниками: вміст гумусу — 1,56%; азот загальний — 0,08%; азот лужногідролізованих сполук — 66,50 мг/кг ґрунту; рухомі сполуки фосфору і калію відповідно 119,0 і 47,0 мг/кг ґрунту.

Результати досліджень свідчать, що врожайність сільфії пронизанолистої залежить від погодних умов, внесення мінеральних добрив, а також від норм внесення осаду стічних вод. Навесні перед висіванням насіння попередньо вносили удобрення відповідно до

схеми досліджень. Вегетативний період сільфії пронизанолистої становить 215–218 діб. Сходи з'являлися на 19-й — 24-й день після висівання. Слід відмітити, що діаметр стебла в основі рослин на висоті 1 м був найбільшим на ділянках зі застосуванням добрив на основі ОСВ і мінеральних добрив $N_{10}P_{14}K_{58}$ у нормі 40 т/га (варіант 6) і становив 1,3 см. Середня довжина, ширина листків на рослинах залишалася найбільшою у варіантах 6 і 8 (ОСВ — 40 т/га + $N_{10}P_{14}K_{58}$ та компост (ОСВ + солома (3:1)) — 30 т/га + $N_{30}K_{55}$) (табл. 1).

Численними науковими дослідженнями встановлено основну роль добрив у підвищенні

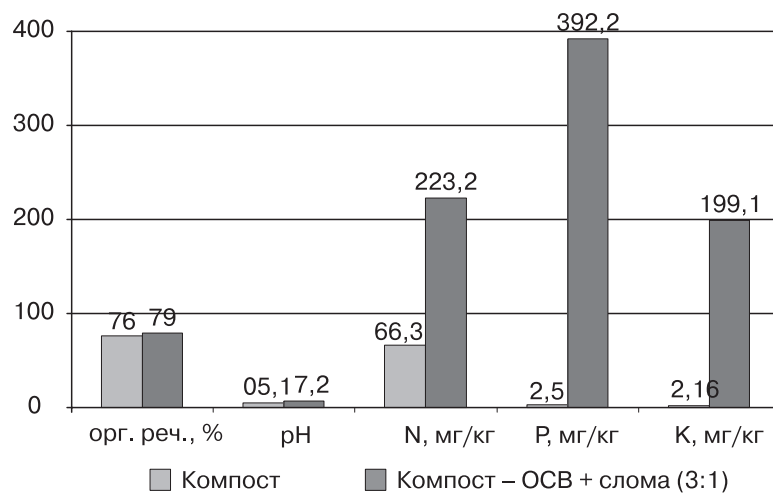


Рис. 1. Хімічний склад осаду стічних вод та компосту, виготовлених на їх основі

Таблиця 1

Биометричні показники сільфії пронизанолистої за внесення удобрення на основі осаду стічних вод, середнє за 2016–2019 рр.

Варіант	Висота рослин, м	Кількість листків, шт.	Діаметр стебла біля основи, см	Діаметр стебла на висоті, см	Середня довжина листка, см	Середня ширина листка, см
Без добрив — контроль	2,10	14	1,1	1,0	24,8	12,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,24	15	1,1	1,0	25,1	12,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2,36	15	1,2	1,1	25,6	12,9
ОСВ — 20 т/га + $N_{50}P_{52}K_{74}$	2,29	15	1,2	1,2	26,4	13,6
ОСВ — 30 т/га + $N_{30}P_{33}K_{66}$	2,46	16	1,2	1,2	26,9	14,1
ОСВ — 40 т/га + $N_{10}P_{14}K_{58}$	2,67	17	1,3	1,2	27,5	14,9
Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 20 т/га + $N_{50}P_{16}K_{67}$	2,35	16	1,2	1,2	26,0	13,4
Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 30 т/га + $N_{30}K_{55}$	2,48	16	1,3	1,2	27,0	14,2
НІР ₀₅	0,13	1	0,1	0,1	0,2	0,1

Таблиця 2

**Продуктивність сільфії пронизанолистої залежно від норм застосування добрив,
середнє за 2016–2019 рр.**

Варіант	Врожайність зеленої маси залежно від року життя			Середнє	Збір сухої маси, т/га	Приріст до контролю, т/га
	другий	третій	четвертий			
Без добрив — контроль	38,4	61,2	79,6	59,7	11,7	
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	40,1	63,8	80,9	61,6	16,2	4,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	42,6	67,7	82,7	64,3	19,9	8,2
ОСВ — 20 т/га + N ₅₀ P ₅₂ K ₇₄	41,8	66,5	81,4	63,2	19,1	7,4
ОСВ — 30 т/га + N ₃₀ P ₃₃ K ₆₆	43,5	69,2	87,7	66,8	22,3	10,6
ОСВ — 40 т/га + N ₁₀ P ₁₄ K ₅₈	46,9	74,6	89,7	70,4	24,2	12,4
Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 20 т/га + N ₅₀ P ₁₆ K ₆₇	42,3	67,3	82,3	63,9	20,5	8,8
Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 30 т/га + N ₃₀ K ₅₅	44,0	70,1	86,8	66,9	22,4	10,7
НІР ₀₅	38,4	61,2	79,6	0,2	0,1	0,1

продуктивності культур. У середньому за роки досліджень за внесення удобрення на основі осаду стічних вод та компостів на їх основі виявлено відмінності у показниках продуктивності вегетативної маси сільфії пронизанолистої (табл. 2).

У середньому за роки досліджень продуктивність вегетативної маси сільфії пронизанолистої у варіантах за внесення осаду стічних вод (варіанти 4–6) становила 19,1–24,2 т/га, що на 3,1–8,0 т/га переважало показники варіантів, де вносили тільки мінеральні добрива у дозі N₆₀₋₉₀P₆₀₋₉₀K₆₀₋₉₀ (варіанти 2 і 3). За внесення компостів на основі ОСВ (варіанти 7–8) продуктивність вегетативної маси становила 20,5–22,4 т/га, що на 8,8–10,7 т/га більше за показники контрольного варіанта.

Аналіз кореляційних залежностей основних показників продуктивності дає змогу стверджувати, що кількісні показники рослин (висота і площа листової поверхні) мають сильний вплив на продуктивність культур (рис. 2, 3).

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що продуктивність сільфії пронизанолистої залежить від висоти рослин.

Множинний коефіцієнт детермінації (R^2) становив 0,87, що вказує на високу тісноту

зв'язку, яку можна описати таким рівнянням множинної регресії:

$$y = -33,9771 + 22,3654x,$$

де x — висота рослин, м; y — вихід сухої маси, т/га.

Висота рослини у контрольному варіанті становила 2,21 м, а площа листової поверхні — 0,0101 м²/рослину. За внесення мінеральних добрив у нормі N₆₀₋₉₀P₆₀₋₉₀K₆₀₋₉₀ (варіанти 2 і 3) висота рослини зростала на 0,06–0,09 м, відповідно площа листової поверхні рослин — на 0,001–0,003 м²/рослину. За внесення удобрення на основі осаду стічних вод у нормі 20–40 т/га (варіанти 4–6) висота рослин становила 2,47–2,72 м, а площа листової поверхні відповідно 0,0133–0,0144 м²/рослину.

Однак, за внесення компостів на основі осаду стічних вод у нормі 20–30 т/га (варіанти 7 і 8) площа листової поверхні рослин сільфії пронизанолистої сягає 0,0130–0,0139 м²/рослину, що на 0,029–0,087 м²/рослину більше за площу листової поверхні рослин контрольного варіанта.

Кореляційну залежність площі листової поверхні від висоти рослин сільфії пронизанолистої, можна описати таким рівнянням множинної регресії:

$$y = -0,003 + 0,0066x,$$

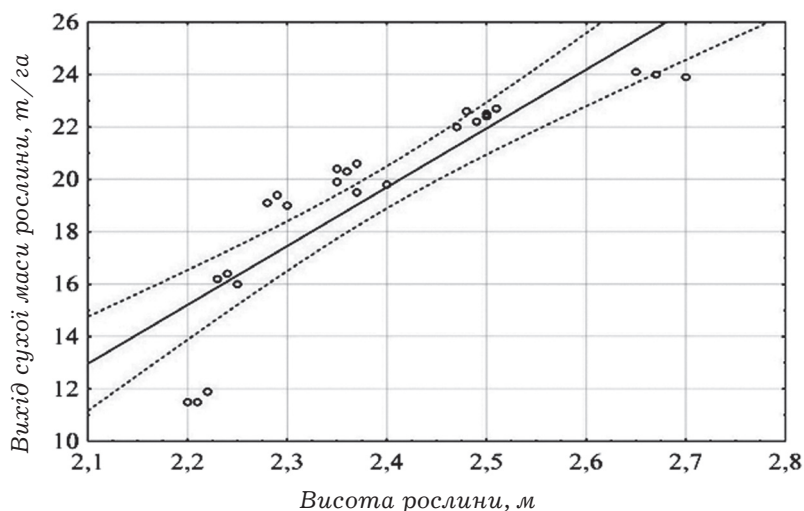


Рис. 2. Кореляційна залежність між висотою рослин та продуктивністю сільфії пронизанолистої, середнє за 2016–2019 рр.

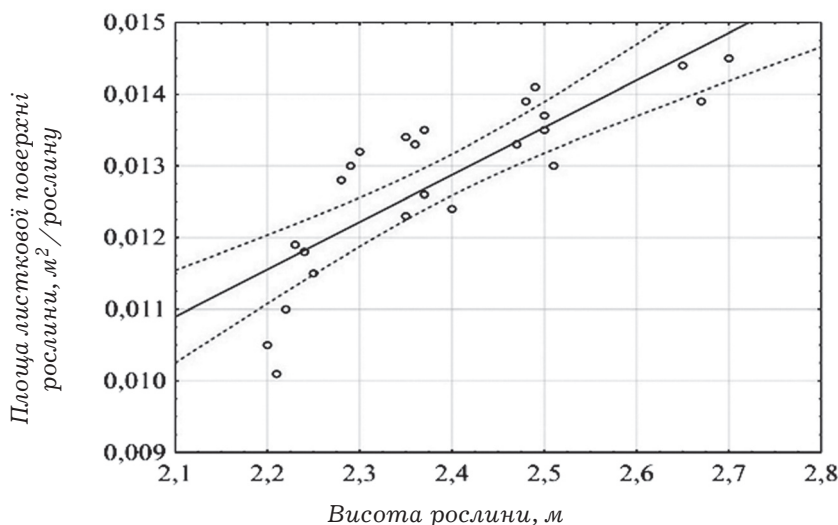


Рис. 3. Кореляційна залежність між висотою рослин та площею листкової поверхні сільфії пронизанолистої, середнє 2016–2019 рр.

де y — площа листкової поверхні, $\text{м}^2/\text{рослину}$; x — висота рослини, м.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу визначено, що площа листкової поверхні рослин сільфії пронизанолистої залежить від висоти рослини. Цю залежність можна вважати високою, оскільки коефіцієнт детермінації становить $R^2 = 0,91$, а коефіцієнт кореляції $r = 0,88$.

Вихід сухої маси рослин сільфії пронизанолистої залежить від висоти рослини та площі листкової поверхні (рис. 4).

Залежність кількості сухої маси рослин сільфії пронизанолистої від висоти рослини та площі листкової поверхні рослини можна описати таким рівнянням:

$$c = -229,5678 + 88,2446x + 18447,1164y + 2,0059x^2 - 6332,4277xy - 90152,9639y^2,$$

де c — вихід сухої маси рослини, т/га; x — висота рослини, м; y — площа листкової поверхні, $\text{м}^2/\text{рослину}$.

Залежність можна вважати тісною, оскільки множинний коефіцієнт детермінації становить $R^2 = 0,81$.

За внесення осаду стічних вод у нормі 20–40 т/га (варіант 4–6) висота рослин сягала 2,47–2,72 м, площа листкової поверхні відповідно становила 0,0139–0,0145 $\text{м}^2/\text{рослину}$, а кількість листків на рослині — 16–17 шт.

$$c = -329,7458 + 173,3332x + 13,705y - 18,6424x^2 - 3,9169xy - 0,1066y^2,$$

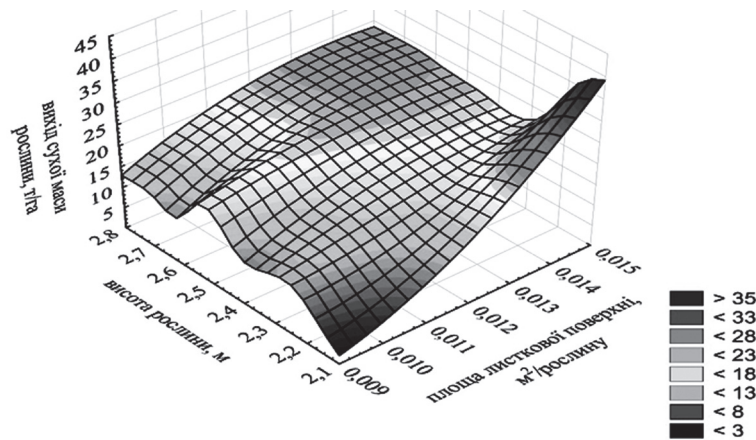


Рис. 4. Залежність нагромадження кількості сухої маси рослини від висоти рослини та площі листкової поверхні рослини сільфії пронизанолистої, середнє 2016–2019 рр.

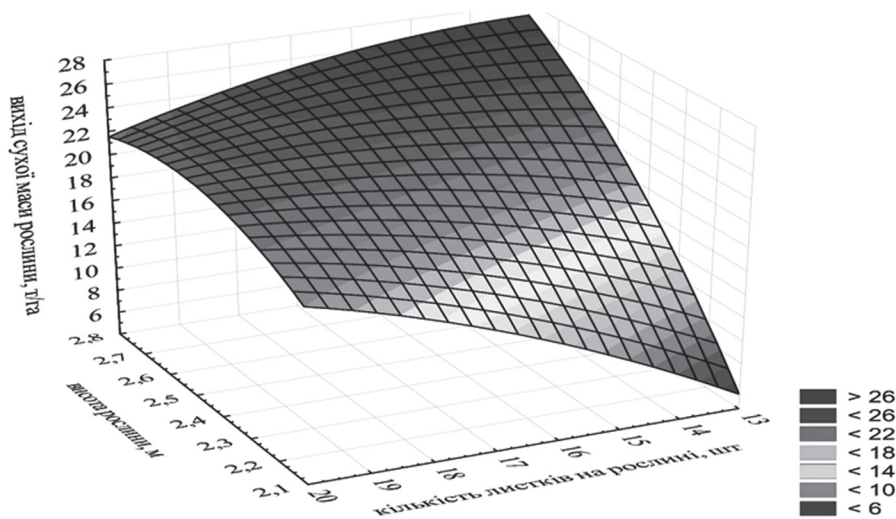


Рис. 5. Модель продуктивності сільфії пронизанолистої залежно від висоти рослин і кількості листків на рослині

де s — вихід сухої маси рослини, т/га; x — висота рослини, м; y — кількість листків на рослині, шт.

Залежність можна вважати високою, оскільки множинний коефіцієнт детермінації становить $R^2=0,87$.

У наших дослідженнях за умови підвищення норм внесених добрив зростає вихід сухої речовини. А саме, з унесенням осаду стічних вод за вирощування сільфії пронизанолистої продуктивність досягала 24,2 (ОСВ — 40 т/га).

Таким чином, враховуючи залежності площі листкової поверхні від висоти рослини сільфії пронизанолистої, а також залежність кількості сухої маси рослини від висоти рослини та площі листкової поверхні рослин (див. рис. 1 і рис. 5), можна визначити вихід маси

сухої речовини та площу листкової поверхні на основі біометричних показників (висоти та кількості листків на рослині).

ВИСНОВКИ

Встановлено, що найбільший вплив на формування продуктивності сільфії пронизанолистої має висота рослини, площа листкової поверхні і кількість листків на рослині, які, своєю чергою, залежать від застосування добрив.

Згідно з результатами досліджень найбільша площа листкової поверхні сільфії пронизанолистої формується саме у варіантах, де вносили свіжий осад стічних вод у нормі 20–40 т/га (варіанти 4–6), тобто зі збільшенням норм внесення ОСВ, зростає площа листкової поверхні від 0,0113–0,0145 м²/рослину і вихід

сирої маси рослин на рівні 23,5–25,1 т/га відповідно.

Застосування компостів на основі осаду стічних вод та соломи у співвідношенні

3:1 у нормі 30 т/га сприяє отриманню сухої маси рослин сільфії пронизанолистої на рівні 22,4 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Архипенко Ф.Н., Ларина В.И. Сильфий пронзеннолистный (*Silphium perfoliatum* L.) в Лесостепи Украины. *Интродукция растений*. 2011. № 1. С. 9–13.
2. Ганженко О.М. Методика визначання площі листової поверхні цукрового сорго. *Наук. праці ІБКіЦБ*. 2014. Вип. 22. С. 17–22.
3. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. Біоенергетика в Україні: стан розвитку, бар'єри та шляхи їх подолання. *Біоенергетика*. 2014. № 1. С. 16–19.
4. Гизбуллин Н.Г. Методика определения площади листьев вегетирующих растений семенников свеклы. *Современные проблемы опытного дела: матер. Междунар. науч.-практ. конф.* (Санкт-Петербург, 6–9 июня 2000 г.). Санкт-Петербург: АФИ, 2000. Т. 1. С. 66–68.
5. Грицуляк Г., Лопушняк В. Осад стічних вод у системі удобрення верби енергетичної: монографія. Львів: Простір-М, 2017. 180 с.
6. Грицуляк Г.М., Лопушняк В.І. Екологічні аспекти використання осаду стічних вод комунального господарства у фітоенергетиці. *Агроекологія і ґрунтознавство*. Харків. 2016. С. 125–130.
7. Гуменчик М.Я. Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива. *Біоенергетика*. 2019. № 1 (13). С. 16–18.
8. Камінський В.Ф., Глієва О.В. Площа листового апарату та фотосинтетична продуктивність посівів проса за різних рівнів мінерального живлення. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 3. С. 79–84.
9. Квак В.М., Ганженко О.М., Зиков П.Ю., Хіврич О.Б. Визначання площі листової поверхні в різних видів міскантусу розрахунковим методом. *Новітні технології*. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228>
10. Крайсвітний П.А., Рій О.В., Кулик М.І. Енергетичні культури для отримання біопалива: додатковий прибуток для господарств. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2010. С. 40–43.
11. Лопушняк В., Грицуляк Г. Екологічні аспекти застосування осаду стічних вод під вербу енергетичну на дерново-підзолистих ґрунтах Прикарпаття. *Вісник ЛНАУ. Агрономія*. 2012. С. 19–25.
12. Макаренко Л.О. Визначення площі листової поверхні сафлору морфометричним методом. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 110. С. 185–191.
13. Николенко В.В., Котов С.Ф. Методика определения площади листовой поверхности сортов декоративной земляники. *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2010. Вип. 2. С. 99–105.
14. Потапов В.А., Бобрович Л.В., Полянський Н.А., Андреева Н.В. Периметр и площадь листа. *Методика исследования и вариационная статистика в научном плодоводстве: сб. докл. Межд. науч.-метод. конф.* (г. Мичуринск, 25–26 марта 1998 г.). Мичуринск, 1998. Т. 1. С. 28–31.
15. Соломко О.Б., Клочкова О.С., Цветков Г.В. Методика определения площади листьев. 2011. URL: <http://agrosbornik.ru/innovacii/106-2011-10-09-15-29-31.html>
16. Шевчук Р.В., Ровна Г.Ф., Кір'яничук К.І. Вплив азотних добрив на врожайність сільфії пронизанолистої за вирощування на тверде біопаливо. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. С. 121–123.
17. Шевчук Р.В. Енергетична і економічна ефективність вирощування сільфії пронизанолистої на тверде біопаливо. *Біоенергетика*. 2015. № 1. С. 28–34.
18. Energy Balances and Greenhouse Gas Mitigation Potentials of Bioenergy Cropping Systems (Miscanthus, Rapeseed, and Maize) based on Farming Conditions in Western Germany / Felten D., Fröba N., Fries J., Emmerling C. — Germany: Renewable Energy. 2013. № 55. P. 160–174.
19. Franzaring, J., Holz, I., Kauf, Z. and A. Fangmeier. Responses of the novel bioenergy plant species *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L. to CO₂ fertilization at different temperatures and water supply. *Biomass and Bioenergy*. 2015. P. 574–583.
20. Titei V. The Perspective of Cultivation and Utilization of the Species *Silphium perfoliatum* L. and *Helianthus tuberosus* L. in Moldova. *Bulletin UASMV*. 2013. Vol. 70(1) (Serie: Agriculture). P. 160–166.
21. Franzaring, J. Investigations on plant functional traits, epidermal structures and the ecophysiology of the novel bioenergy species *Sida hermaphrodita* Rusby and *Silphium perfoliatum* L. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2014. № 87. P. 36–45.
22. Gansberger, M., Montgomery, L.F.R. and P. Liebhard. Botanical characteristics, crop management and potential of *Silphium perfoliatum* L. as a renewable resource for biogas production: a review. *Industrial Crops and Products*. 2015. P. 362–372.

**FORMATION OF SILPHINIUM PERFOLIATUM L PRODUCTIVITY
UNDER DIFFERENT STANDARDS OF SEWERAGE SEDIMENTATION
ON SOD-PODZOLIC SOILS**

Lopushniak V.,
Doctor of Agriculture, Professor
National Scientific Center «Institute of Soil Science
and Agrochemistry O.N. Sokolovsky» (Ukraine, Kharkiv)
e-mail: lopushniak@i.ua;

Hrytsuliak H.,
PhD
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
(Ukraine, Ivano-Frankivsk)
e-mail: gritsulyaka@ukr.net.

*Regularities of change of the main biometric indicators of energy culture of *Sylphia perfoliatum* L. during the introduction of sewage sludge on sod-podzolic soils of Precarpathia have been established. A comparative analysis of morphometric parameters, namely changes in height and diameter of shoots, the number of leaves on the shoot, length and width of leaves.*

*Statistical analysis of indicators was performed using Microsoft Excel. The area of the leaf surface of the *sylphia perfoliatum* l. was determined using the Area S 2.1 program. Mathematical equations are compiled, which make it possible to predict the relationship between plant height and productivity, the relationship between plant height and the leaf surface area of *sylphia perfoliatum* l. The model of productivity of a *sylphia perfoliatum* l. depending on height of plants and quantity of leaves on a plant is made.*

Keywords: fertilizers, biometric indicators, leaf surface area, dry matter yield, perforated sylph.

REFERENCES

1. Arkhopenko, F.N. & Laryna V.Y. (2011). Sylfyy pronzennolystnyy (*Silphium perfoliatum* L.) v Lesostepy Ukrainy [*Silphium perfoliatum* L. in the forest-steppe of Ukraine]. *Introduktsiya roslyn* 1, 9–13 [In Ukrainian].
2. Hanzhenko, O.M. (2014). Metodyka vyznachannya ploshchi lystkovoyi poverkhni tsukrovoho sorho. *Nauk. pratsi IBKiTSB* [Method for determining the area of the leaf surface of sugar sorghum], 22, 17–22 [In Ukrainian].
3. Heletukha, H.H. & Zhelyezna, T.A. (2014). Bioenerhetyka v Ukraini: stan rozvytku, baryery ta shlyakh yikh podolannya [Bioenergy in Ukraine: state of development, barriers and ways to overcome]. *Bioenerhetyka*, 1, 16–19 [In Ukrainian].
4. Hyzbullyn, N.H. (2000). Metodyka opredelennya ploshchady lystev vehetyruyushchykh rastenny semen-nykov svekly. *Sovremennyye problemy opytneho dela: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Sankt-Peterburh, 6–9 yyunya 2000 h.)* [Methods for determining the area of leaves of vegetative plants of beet testicles]. Sankt-Peterburh: AFY [in Russian].
5. Hrytsulyak H. & Lopushnyak V. (2017). Osad stichnykh vod u systemi udobrennya verby enerhetychnoyi [Sewage sludge in the energy willow fertilization system]: monohrafiya. Lviv: Prostir-M [In Ukrainian].
6. Hrytsulyak, H.M. & Lopushnyak, V.I. (2016). Ekolohichni aspekty vykorystannya osadu stichnykh vod komunal'noho hospodarstva u fitoenerhetytsi [Ecological aspects of utilization of municipal sewage sludge in phytoenergy]. *Ahrokhimiya i gruntoznavstvo*. Kharkiv [In Ukrainian].
7. Humentyk, M.YA. (2019). Osoblyvosti tekhnolohiyi zmishanoho vyroshchuvannya bioenerhetychnykh zlakovykh kultur dlya vyrobnytstva biopalyva [Features of technology of mixed cultivation of bioenergy cereals for biofuel production]. *Bioenerhetyka*, 1(13), 16–18 [In Ukrainian].
8. Kaminsky, V.F. & Hliyeva, O.V. (2014). Ploshcha lystkovoho aparatu ta fotosyntetychna produktyvnist posiviv prosa za riznykh rivniv mineralnoho zhyvlennya [Leaf apparatus area and photosynthetic productivity of millet crops at different levels of mineral nutrition]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTS «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 3, 79–84 [In Ukrainian].
9. Kvak, V.M., Hanzhenko, O.M., Zykov, P.YU. & Khivrych, O.B. (2017). Vyznachannya ploshchi lystkovoyi poverkhni v riznykh vydiv miskantusu rozrakhunkovym metodom [Determination of leaf surface area in different species of miscanthus by calculation method]. *Novitni tekhnolohiyi*. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228> [In Ukrainian].
10. Kraysvitniy, P.A., Riy, O.V. & Kulyk, M.I. (2010). Enerhetychni kultury dlya otrymannya biopalyva: dodatkovyy prybutok dlya hospodarstv [Energy crops for biofuels: additional income for farms]. *Khimiya. Ahronomiya. Servis* [In Ukrainian].
11. Lopushnyak, V. & Hrytsulyak, H. (2012). Ekolohichni aspekty zastosuvannya osadu stichnykh vod pid

- verbu enerhetychnu na dernovo-pidzolystrykh gruntakh Prykarpattya [Ecological aspects of sewage sludge application under energy willow on sod-podzolic soils of Prykarpattia]. *Visnyk LNAU. Ahronomiya*, 19–25 [In Ukrainian].
12. Makarenko, L.O. (2016). Vyznachennya ploshchi lystkovoyi poverkhni safloru morfometrychnym metodom [Determination of the area of the leaf surface of safflower by morphometric method]. *Selektsiya i nasinnytstvo*, 110, 185–191 [In Ukrainian].
 13. Nykolenko, V.V. & Kotov, S.F. (2010). Metodyka opredelenyya ploshchady lystvovoy poverkhnosti sortov dekoratyvnoy zemlyanyky [Method of determining the area of the leaf surface of varieties of ornamental strawberries]. *Ekosystemy, ykh optymizatsiya y okhrana*, 2, 99–105 [In Ukrainian].
 14. Potapov, V.A., Bobrovych, L.V., Polyansky, N.A. & Andreeva, N.V. (1998). Perymetr y ploshchad lysta [Perimeter and area of the sheet]. *Metodyka yssledovannya y varyatsyonnaya statystyka v nauchnom plodovodstve: sb. dokl. Mezhd. nauch.-metod. konf.*, 1, 28–31 [In Russian].
 15. Solomko, O.B., Klochkova, O.S. & Tsvetkov H.V. (2011). Metodyka opredelenyya ploshchady lystev [Methods for determining the area of leaves]. URL: <http://agrosbornik.ru/innovacii/106-2011-10-09-15-29-31.html> [In Ukrainian].
 16. Shevchuk, R.V., Rovna, H.F. & Kir'yanchuk, K.I. (2013). Vplyv azotnykh dobryv na vrozhaynist syl'fiyi pronyzanolystoyi za vyroshchuvannya na tverde biopalyvo [Influence of nitrogen fertilizers on the yield of perforated sylphia during cultivation on solid biofuels]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buryakiv* [In Ukrainian].
 17. Shevchuk, R.V. (2015). Enerhetychna i ekonomichna efektyvnist' vyroshchuvannya syl'fiyi pronyzanolystoyi na tverde biopalyvo [Energy and economic efficiency of growing sylphia perforated on solid biofuels]. *Bioenerhetyka*, 1, 28–31 [In Ukrainian].
 18. Felten, D., Fröba, N., Fries, J., Emmerling, C. (2013). Energy Balances and Greenhouse Gas Mitigation Potentials of Bioenergy Cropping Systems (Miscanthus, Rapeseed, and Maize) based on Farming Conditions in Western Germany. Germany: Renewable Energy [In English].
 19. Franzaring, J., Holz, I., Kauf, Z. & A. Fangmeier (2015). Responses of the novel bioenergy plant species *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L. to CO₂ fertilization at different temperatures and water supply. Biomass and Bioenergy [In English].
 20. Titei, V. (2013). The Perspective of Cultivation and Utilization of the Species *Silphium perfoliatum* L. and *Helianthus tuberosus* L. in Moldova. *Bulletin UASMV*, 70(1), 160–166 [In English].
 21. Franzaring, J. (2014). Investigations on plant functional traits, epidermal structures and the ecophysiology of the novel bioenergy species *Sida hermaphrodita* Rusby and *Silphium perfoliatum* L. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87, 36–45 [In English].
 22. Gansberger M., Montgomery, Lusy F.R. (2015). Liebhard: Botanical characteristics, crop management and potential of *Silphium perfoliatum* L. as a renewable resource for biogas production: a review. *Industrial Crops and Products* [In English].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Лопушняк Василь Іванович, доктор сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (Україна, м. Харків; e-mail: lorushniak@i.ua);

Грицуляк Галина Михайлівна, кандидат сільськогосподарських наук, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15; e-mail: gritsulyaka@ukr.net).