

УДК 631.95: 662.636: 332.32

АГРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ

РОЇК М.В.—

доктор с.-г. наук, професор, академік
НААН, директор ІБКіЦБ;

ГАНЖЕНКО О.М.—

канд. техн. наук, завідувач
відділу технологій вирощування
біоенергетичних культур;

Проблема глобальних змін клімату стала першочерговим пріоритетом міжнародного порядку денного. Підтвердженням цього є підписання 195 країнами (включаючи Україну [5]) нової Кліматичної Угоди, яка з 2020 року приходить на зміну Кіотському протоколу. Угода передбачає уповільнення темпів зростання середньорічної температури повітря, шляхом приведення у другій половині XXI століття викидів парникових газів до рівня, який природа здатна переробляти без шкоди для себе. З цією метою передбачається щорічно залучати 100 млрд. \$ для заміни традиційних джерел енергії відновлювальними, серед яких значне місце посідає біоенергетика [1].

Енергетична політика європейських країн, у тому числі України, значною мірою залежна від імпорту енергетичної сировини. За даними статистики, загальне постачання первинної енергії в 2018 році в Україні становило 93,2 млн. т н. е., з яких 34,0 млн. т н. е. (36,5%) було імпортовано. [2]. Така залежність від імпортованих енергоносіїв може стати загрозою для енергетичної та національної безпеки країни. Тому освоєння відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) слід розглядати як важливий фактор підвищення рівня енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля.

Серед ВДЕ в Україні найбільшу частку займає біопаливо — 74,5%. До основних переваг рослинної біомаси як джерела енергії можна віднести екологічну чистоту викидів порівняно з викопними видами палива, відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згорання біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу викидається менше вуглекислого газу, ніж поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, утворюється в 20...30 разів менше оксиду сірки й у 3...4 рази менше золи в порівнянні з вугіллям.

В Україні на сьогодні сировинною базою для виробництва твердого біопалива слугують здебільшого відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска), солом зернових та зернобобових культур, соняшникова лузга тощо. Надходження такої сировини є нестабільним і носить сезонний характер, що негативно впливає на

ефективність роботи установок із виробництва біопалива. Крім того, біопаливо, виготовлене із залишків, містить значну частку (до 10%) зольних елементів, що зменшує його теплотворні властивості та експлуатаційні характеристики котлів.

Однак основний негатив від використання поживних решток на біопаливо лежить в екологічній площині, оскільки це призводить до деградації земель та зменшення їх родючості. Родючість — це здатність ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення, воді, повітрі та теплі в достатніх кількостях для їх нормального розвитку, що в сукупності є основним показником якості ґрунту [4].

Згідно українського законодавства земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави й є об'єктом права власності українського народу [8]. Обов'язком держави є забезпечення екологічної безпеки та підтримання екологічної рівноваги на території України [8]. Використання власності на землю не може завдавати шкоди правам і свободам громадян, інтересам суспільства, погіршувати екологічну ситуацію й природні якості землі. рунти земельних ділянок є об'єктом особливої охорони [7]. Під час ведення сільськогосподарського виробництва пріо-

ритет надається вимогам екологічної безпеки у використанні земельних ресурсів над економічними інтересами [3].

Тотальна розораність земель, що є найвищою у світі й становить 54% загальної території України, поряд із потужним техногенним навантаженням призвело до різкого порушення співвідношення між ріллею та природними комплексами в структурі земельних угідь, що спричинило до активізації деградаційних процесів на понад 80% земель [12].

Крім того, в останні десятиліття на фоні збільшення врожайності основних сільськогосподарських культур різко скоротилися норми внесення органічних добрив, що призводить до щорічних втрат гумусу в середньому 0,6...0,7 т/га. Якщо на кінець 80-х років минулого століття завдяки внесенню 8,6 т/га органічних добрив втрати гумусу компенсувалися на 90%, то вже на початку 2000-х років за внесення 1,3 т/га дефіцит гумусу збільшився майже в 5 разів [12]. І ця тенденція продовжує зростати, оскільки сьогодні вноситься в середньому близько 0,5 т/га органічних добрив.

Регулювати надходження органіки в ґрунт можливо за рахунок впровадження науково обґрунтованих сівозмін та приоровання рослинних рештків (соломи зер-

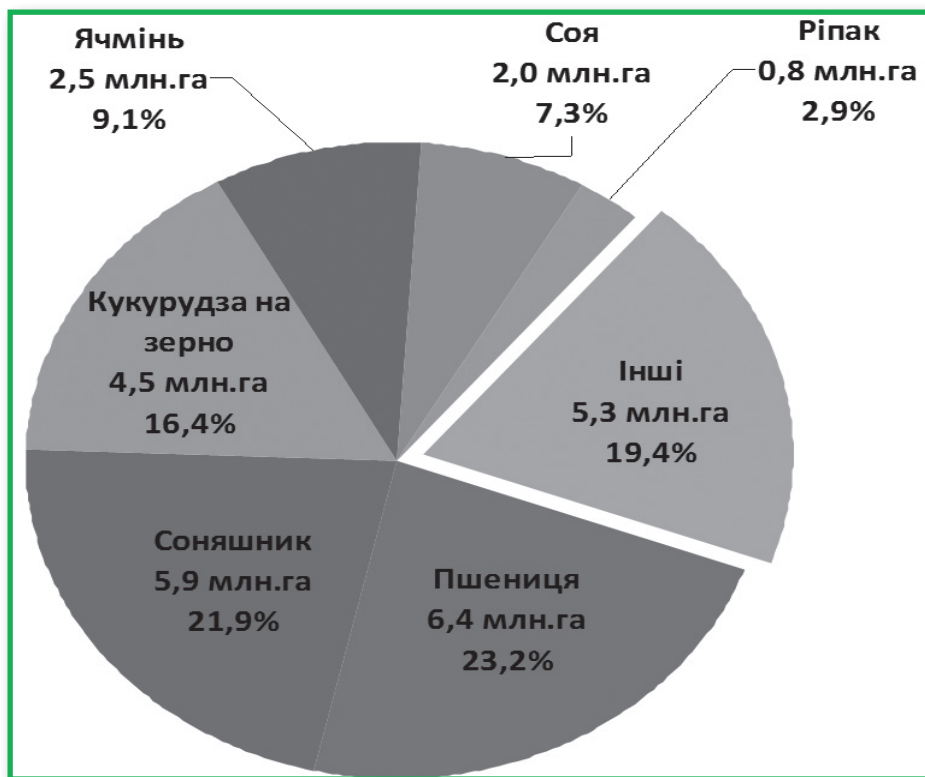


Рис. 1. Структура посівних площ України за 2017 рік [13].

Таблиця 1

Типи й орієнтовне поширення деградації ґрунтів в Україні [9]

| Тип деградації ґрунту | % від площі ріллі (32 млн га) |
|---|-------------------------------|
| Втрата гумусу й поживних речовин | 43 |
| Переуцільнення | 39 |
| Замулення й кіркутворення | 38 |
| Водна ерозія площинна | 17 |
| Підкислення | 14 |
| Заболочування | 14 |
| Забруднення радіонуклідами | 11,1 |
| Дефляція, втрата верхнього шару ґрунту | 11 |
| Забруднення пестицидами й іншими органічними речовинами | 9,3 |
| Забруднення важкими металами | 8 |
| Засолення, підлугування | 4,1 |
| Водна ерозія, утворення ярів | 3 |
| Побічна дія водної ерозії (замулення водоймищ) | 3 |
| Зниження рівня денної поверхні | 0,35 |
| Деформація земної поверхні вітром | 0,35 |
| Аридизація ґрунту | 0,21 |
| Запечатані ґрунти (під забудовою) | 4,4 |

нових, стебел соняшника та кукурудзи та інші). Однак сучасні аграрні виробники нехтують сівозмінами, вирощуючи такі інтенсивні культури як кукурудза, соняшник, соя, ріпак та інші як беззмінну культуру впродовж декількох років. У структурі посівних площ в Україні такі зорієнтовані на експорт культури як пшениця, соняшник, зернова кукурудза, ячмінь, соя та ріпак займають понад 80% (рис. 1).

Усе це призводить до виснаження земель за рахунок зменшення вмісту органічної речовини у ґрунті. За останніми дослідженнями [9], втрати гумусу і поживних речовин зафіксовано на 43% площ орних земель України. Використання важкої сільськогосподарської техніки спричинило до переуцільнення 39%. Нехтування протиерозійними заходами під час використання схилових земель призвело до масштаб-

ного змивання верхнього родючого шару ґрунту внаслідок водної ерозії, від якої потерпає 17% земель. Щорічні втрати гумусу внаслідок ерозійних процесів становлять 24 млн. т. Незбалансоване внесення мінеральних добрив (переважно азотних) веде до підвищення кислотності ґрунтів, наслідки якого спостерігаються на 14% орних земель. Весь перелік чинників, які призводять до деградації ґрунтів та їх масштаби наведено у таблиці 1 [9].

Таке варварське ставлення до основного національного багатства, яким є земля згідно Конституції України, призвело до того, що впродовж останніх років близько 8 млн. га ріллі не використовується в аграрному виробництві через низьку родючість. На цих землях вирощування традиційних сільськогосподарських культур стало нерентабельним.

Таблиця 2

Внесення елементів живлення з ґрунту соломою для озимої пшениці (за врожайності 4 т/га) [11]

| Елемент живлення | Винос поживних речовин, кг.д.р. | |
|------------------------------|---------------------------------|---------------|
| | на 1 га | на 1 т соломи |
| N | 22,0 | 5,5 |
| P2O5 | 10,8 | 2,7 |
| K2O | 72,0 | 18,0 |
| CaO | 42,0 | 10,5 |
| MgO | 20,4 | 5,1 |
| Si, Mn, B, Cu, Zn, S, та ін. | 1,0 | 0,25 |
| Всього | 168,2 | 42,05 |

Ставши членом Глобального Ґрунтового Партнерства (ГГП) Україна добровільно взяла на себе міжнародні зобов'язання щодо раціонального використання ґрунтових ресурсів. Особливо це стосується проведення заходів із мінімізація ерозії та підвищення вмісту органічної речовини в ґрунті. Дбайливе ставлення до ґрунтів є законодавчо встановлена норма, яку повинні виконувати усі виробники сільськогосподарської продукції. Використання земельних ділянок способами, що призводять до погіршення їх якості, забороняється [4].

У комплексі заходів, спрямованих на призупинення процесів деградації ґрунтів та покращення їх родючості, особлива увага надається використанню поживних решток. Заробляючи у ґрунт солому зернових та зернобобових культур, стебла кукурудзи й соняшнику відбувається часткова компенсація виносу макро- та мікроелементів зерновою частиною врожаю. Крім того, поповнюється запас органічної речовини в ґрунті, покращується його структура та підвищується активність мікробіологічних процесів у ґрунті. Заорювання 1 т соломи озимої пшениці забезпечує надходження 0,2 т/га гумусу [12]. Крім того, одна тонна соломи за зольності 5% містить 5,5 кг д.р. азоту, 2,7 кг д.р. фосфору, 18,0 кг д.р. калію, 10,5 кг д.р. кальцію, 5,1 кг д.р. магнію та 250 г д.р. мікроелементів. (табл. 2) [11]. Для компенсації лише макроелементів, які виносяться 1 тонною соломи озимої пшениці, необхідно внести мінеральних добрив на 850 грн. Якщо вартість компенсаційної норми добрив закласти в собівартість соломи, то вона виявиться занадто дорогою сировиною для біоенергетики.

Високий вміст мінеральних елементів у поживних рештках та низька температура плавлення золи негативно впливає на теплотворну здатність твердого біопалива, виготовленого з соломи та експлуатаційні характеристики котлів. Крім того, під час прямого спалювання високозольного твердого біопалива з соломи в атмосферу потрапляють шкідливі речовини, для утримування яких необхідно встановлювати спеціальні фільтри.

Отже, з огляду на вищевказане, поживні рештки аграрного виробництва у вигляді соломи зернових культур не можуть бути сировиною для виробництва твердого біопалива, оскільки це не відповідає критеріям сталого розвитку та порушує українське законодавство щодо раціонального використання земель.

Вирішенням проблеми створення сировинної бази для виробництва твердих видів біопалива є вирощування нових видів швидкорослих дерев (верба, тополя, акація, сосна та ін.) та багаторічних рослин (міскантус, свічграс, сіда, топіамбур та ін.), що дасть змогу щорічно отримувати необхідну кількість високоякісної біомаси [11]. Біомаса цих рослин на час збирання не містить великої кількості зольних

елементів (до 1–2%), тому їх вирощування є більш екологічно сталим, а отримана біомаса за теплотворними властивостями перевищує характеристики соломи.

Міскантус Гігантський (*Miscanthus x giganteus*) — багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га щорічно), високої теплотворної здатності (5 кВт/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами рослиною для виробництва твердого біопалива. Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 400 кг сирої нафти, 1,7 т деревини, 515 м³ природного газу, або 620 кг кам'яного вугілля. Стебла міскантусу можуть бути заввишки до 4 метрів і містять 64...71% целюлози, що обумовлює його високу енергетичну цінність.

Перспективною енергетичною культурою для України є також просо прутоподібне або свічграс (*Panicum virgatum*), що належить до багаторічних злакових культур. Свічграс походить з Північної Америки, де у природних умовах росте як прерійна трава. З початку 90-х років у США та Канаді свічграс почали розглядати в якості енергетичної багаторічної культури, сировина якої використовується для виробництва твердого біопалива, а також для целюлозної промисловості. Свічграс не вимогливий до вмісту вологи та поживних речовин у ґрунті, має високу природну стійкість до хвороб і шкідників, що дозволяє отримувати стабільні врожаї сухої біомаси на малопродуктивних еродованих землях.

Серед дерев, біомаса яких може використовуватись на тверде біопаливо, найкраще підходять сорти швидкоростучої верби, виду Прутовидна (*Salix viminalis*). Верба як енергетична культура вирощується в таких європейських країнах як Швеція, Англія, Ірландія, Польща, Данія та інші. Верба невибаглива до наявності поживних речовин у ґрунті, може рости на малородючих та кислих землях, але потребує багато вологи. Тому плантації енергетичної верби доцільно закладати в зоні достатнього зволоження або в поймах рік чи інших водоймах із високим рівнем залягання ґрунтових вод. Середній річний приріст верби Прутовидної в умовах України становить 1,5...2,0 м. Урожай біомаси збирається кожні 2–3 роки впродовж 7–8 циклів. Основними компонентами біомаси енергетичної верби, що визначають її теплотворну здатність, є целюлоза, геміцелюлоза і лігнін, які разом складають до 99% сухої маси деревного матеріалу.

Окрім високої продуктивності біоенергетичним культурам притаманна невибагливість до ґрунтово-кліматичних умов, що дозволяє вирощувати їх на малопродуктивних землях, уникаючи конкуренції з вирощуванням традиційних сільськогосподарських культур.

Створення біоенергетичних плантацій швидкорослих дерев та багаторічних рослин сприятиме реалізації Національного плану дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням [10], оскільки вже за перший рік вегетації багаторічні енергетичні рослини формують розгалужену кореневу систему (рис. 2), що дозволяє зменшити ерозійні процеси. З огляду на це, вирощування біоенергетичних рослин на силових землях сприятиме зменшенню змивання верхнього родючого шару ґрунту. Крім того, плантації деревних енергетичних культур можуть виконувати роль водоохоронних захисних насаджень уздовж бережної зони річок і озер, а також захисних лісових насаджень.

Потужна коренева система багаторічних біоенергетичних культур є джерелом надходження органіки в ґрунт. Результати досліджень свідчать, що тривале вирощування багаторічних біоенергетичних рослин сприяє накопиченню органічної речовини в ґрунті. Так, за дев'ять років вирощування свічграсу на малопродуктивних землях вміст органічних речовин у ґрунті зріс із 1,87% до 2,40%. Аналогічні результати отримано за вирощування міскантусу. Таким чином, вирощування багаторічних бі-

оенергетичних рослин на малопродуктивних та схильних до ерозії землях сприятиме відновлюванню їх родючості та забезпечить стале надходження високоякісної сировини для виробництва різних видів біопалива. Використання малопродуктивних земель для вирощування біоенергетичних культур може стати одним із пріоритетів державної аграрної політики України [6].

Висновки.

Україна імпортує значну частку енергоносіїв, тому освоєння ВДЕ слід розглядати як важливий фактор підвищення рівня енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля.

1. Враховуючи сприятливі ґрунтово-кліматичні умови найбільш перспективним видом ВДЕ для України є біоенергетика.

2. Використання поживних решток аграрного виробництва для виробництва біопалива не відповідає критеріям сталого розвитку та порушує українське законодавство щодо раціонального використання земель.

3. Закладка плантацій багаторічних біоенергетичних рослин на малопродуктивних та схильних до ерозії землях сприятиме відновлюванню їх родючості та забезпечить стале надходження високоякісної сировини для виробництва різних видів біопалива.

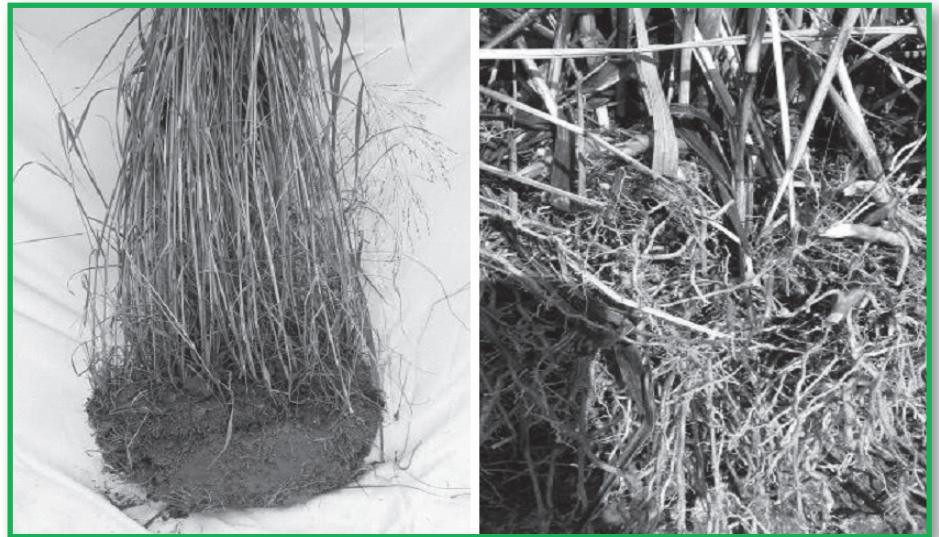


Рис. 2. Ґрунтоутримуюча здатність кореневої системи свічграсу (Ялтушківська ДСС ІБКЦБ НААН, 2018)



Рис. 3. Свічграс та міскантус — надійні захистники ґрунту від ерозії (Ялтушківська ДСС ІБКЦБ НААН, 2018)

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.
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 Колонтая, 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

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 багатопольового 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.