



original article | UDC 581.4:631.559: 633:[620.925:58] | doi: 10.31210/visnyk2021.02.14

INFLUENCE OF PLANT BIOMETRICS ON BIOMASS YIELD OF INTRODUCED RARE ENERGY CROPS


I. Rozhko*

ORCID  [0000-0002-0646-4004](https://orcid.org/0000-0002-0646-4004)

D. D'omin

ORCID  [0000-0002-2421-0729](https://orcid.org/0000-0002-2421-0729)

M. Kulyk

ORCID  [0000-0003-0241-6408](https://orcid.org/0000-0003-0241-6408)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: ilona.rozhko1@ukr.net

How to Cite

Rozhko, I., D'omin, D., & Kulyk, M. (2021). Influence of plant biometrics on biomass yield of introduced rare energy crops. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 114–123. doi: 10.31210/visnyk2021.02.14

The involvement of rare energy crops into cultivation is highly important in the context of obtaining an additional energy resource – the biomass of these plants. Solid, liquid and gaseous biofuels are produced from plant raw materials of energy crops, and their use will reduce the energy dependence of local communities. The study of their morphological and biological traits is another important issue that will enable to identify the peculiarities of yield formation and find effective ways to manage energy crop areas. Therefore, the aim of our research was to provide morphological and biological characteristics of plants and to reveal the peculiarities of biomass formation of rare energy crops. Observations and analyses based on the monographic method, data from dictionaries and reference books as well as the authors' own work and scientific publications of both Ukrainian and foreign scientists were used for this purpose. Authorized scientific methods, DSTU and methods of research in agronomy were used in the laboratory and field experiments. The results of multi-year research made it possible to establish the variability of biometric indicators of energy crops: Indian grass (*Sorghastrum nutans* (L.) Nash), Big Bluestem (*Andropogon Gerardii* Vitman) and Columbus grass (*Sorghum Almum Parodi*). The highest height and plant stem density are formed by Indian grass and Columbus grass. The interdependence between the quantitative indicators of plants of rare energy crops has been determined: as the height of plants increases, their number and biomass yield increases. The highest yield of dry biomass is formed by Columbus grass and Indian grass, 8.0 and 5.0 t/ha, respectively. This indicator is significantly lower in Big Bluestem – at a level of 2.3 t/ha. It has been established that the biometric indices of plants in height and plant stem density have a significant impact on the level of biomass yield of the studied energy crops. This is confirmed by a strong rectilinear correlation ($r > 0.71$) and multidimensional relationship, and is described by the following equation: $z = -2.7247 + 0.0664 \times x - 0.0103 \times y$. Prospects for further research will be to study the seed productivity of rare energy crops depending on growing conditions.

Key words: Indian grass, Big Bluestem, Columbus grass, biometrics, biomass.

ВПЛИВ БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН НА ВРОЖАЙНІСТЬ БІОМАСИ ІНТРОДУКОВАНИХ МАЛОПОШИРЕНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

І. І. Рожко, Д. Г. Дьомін., М. І. Кулик

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Залучення до вирощування малопоширених енергетичних культур має важливе значення через отримання додаткового енергетичного ресурсу – біомаси цих рослин. Із рослинної сировини енергетичних культур виготовляють: тверді, рідкі та газоподібні біопалива, а їх застосування дасть змогу знизити енергозалежність територіальних громад. Не менш важливим питанням є вивчення їхніх морфологічних та біологічних особливостей, що дасть можливість виявити важливі чинники, що впливають на формування врожайності та знайти ефективні шляхи управління посівами енергокультур. Тому метою наших досліджень було надати морфологічну та біологічну характеристики рослин, розкрити особливості формування біомаси малопоширених енергетичних культур. Для цього використано: спостереження та аналізування на основі монографічного методу, дані словників і довідників, власні напрацювання авторів та наукові публікації інших учених як України, так і зарубіжжя. Під час проведення лабораторних і польових досліджень застосовували затверджені методики, ДСТУ й методику дослідної справи в агрономії. Результати багаторічних досліджень дали можливість встановити мінливість біометричних показників рослин енергокультур: індіанграсу (сорговника поникаючого), бігблустему (Бородача Жерарді) та сорго багаторічного (трава Колумба). З-поміж них найбільшу висоту та густоту стеблостою формують сорговник поникаючий та сорго багаторічне. Визначено взаємозалежність між кількісними показниками рослин малопоширених енергетичних культур: зі збільшенням висоти рослин буде зростати їх кількість та врожайність біомаси. Найбільшу врожайність за сухою біомасою формує сорго багаторічне й сорговник поникаючий, відповідно 8,0 і 5,0 т/га. Суттєво менший цей показник виявився у Бородача Жерарді – на рівні 2,3 т/га. Визначено, що біометричні показники рослин за висотою і густотою стеблостою здійснюють суттєвий вплив на рівень врожайності біомаси досліджуваних енергетичних культур. Що підтверджується сильним прямолінійним кореляційним ($r > 0,71$) та багатомірним зв'язком та описується рівнянням $z = -2,7247 + 0,0664 \times x - 0,0103 \times y$. Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні насіннєвої продуктивності малопоширених енергетичних культур залежно від умов вирощування.

Ключові слова: сорговник поникаючий, Бородач Жерарді, сорго багаторічне (трава Колумба), біометричні показники, врожайність біомаси.

Вступ

Необхідність зниження енергетичної залежності нашої країни спонукає українських учених до всебічного вивчення нового напрямку – біоенергетики, і насамперед – рослинного енергетичного ресурсу. В цьому плані найліпшим варіантом є вирощування на маргінальних землях вже інтродукованих, певною мірою вивчених, переважно багаторічних енергетичних культур. До цих рослин належать: міскантус гігантський, просо прутоподібне, верба кошикова, клони тополі та ін. Водночас залучення до закладки енергоплантацій нових, менш поширених енергокультур набуває актуального значення. Що пов'язано із їхніми адаптивними властивостями, потенціалом урожайності, можливістю бінарного культивування цих рослин та ін. Саме тому виникає потреба у вивченні їхніх біологічних особливостей та аспектів технології вирощування. Інколи в науковій літературі малопоширені енергетичні культури (МЕК) відносять і до так званих «нішевих культур», що здатні щорічно формувати значний обсяг біомаси та забезпечити додатковий прибуток агрогосподарству. До малопоширених енергокультур належать: індіанграс, мініблустем, бігблустем, сорго багаторічне, стокolos безостий (родина тонконогових), рицина (родина молочайні), сіда, або мальва Віргінська (родина мальвові), щавнат (родина гречкові), павловнія томентоза та елонгата (родина павловнієві) та інші [1]. Зважаючи на це, виникає потреба вивчення шляхів отримання якісного насіннєвого матеріалу МЕК для закладки нових, високопродуктивних енергоплантацій. Це дозволить отримати поновлювану енергоємну рослинну сировину із енергетичних культур для виробництва біопалив та сприятиме зменшенню енергетичної залежності населення територіальних громад [2].

Агроекологічне обґрунтування та впровадження різних агротехнологічних заходів за умови вирощування енергетичних культур на маргінальних землях набуває актуального значення. Адже використання біомаси енергокультур як рослинної сировини для виробництва біопалив має щонайперше значення. Це передбачає зниження енергетичної залежності країни загалом та територіальних громад зокрема. Окрім цього у разі багаторічного вирощування енергетичних культур відмічається збільшення вмісту органічної речовини у ґрунті, поліпшення водного балансу ґрунтового профілю та кругообігу карбону в ньому та ін. [3, 4, 5].

Натепер вивчається вихідний матеріал енергетичних культур для селекції [6], досліджуються агробіологічні особливості формування врожайності та якості насіння проса прутноподібного [7], вивчається потенціал біомаси для певного регіону [8], обґрунтовуються шляхи використання біомаси енергетичних культур для виробництва біопалив, розробляються способи їхнього виробництва та енергоконверсії [9, 10].

На сьогодні особливої уваги заслуговують питання, пов'язані з використанням ділянок, що постраждали внаслідок техногенного впливу, вивчаються можливості використання едофітів для очищення виробничих площ [11], їхньої рекультивациї та очищення ґрунтів за допомогою енергетичних культур [12].

Одночасно з монокультурними насадженнями перспективним є розгляд культивування травосуміші, що передбачає вирощування таких енергетичних культур: свіччграсу (*Panicum virgatum L.*), сорго багаторічного або трави Колумба (*Sorghum Almum Parodi*), а також Бігблюестем або Бородача Жерарді (*Andropogon Gerardii Vitman*), Сорговник поникаючий або Індіанграсс (*Sorghastrum nutans (L.) Nash*) [13]. Ці культури також придатні до вирощування на маргінальних землях і ростуть у подібних до України кліматичних умовах, а, відповідно, можуть культивуватися на території нашої країни.

Можливість культивування вищезазначених рослин на сьогодні підтверджуються проведені дослідження. Наприклад, *Sorghastrum Nutans (Nash) L.* проявив високий адаптивний потенціал в умовах степу України. Рослини з другого року життя активно накопичують підземну і надземну біомасу й досягають максимуму наприкінці третього року. Урожайність вегетативної біомаси становить до 15,0 т/га [14]. Ця теза також підтверджується власним досвідом авторів у разі вирощування індіанграсу в умовах Лісостепу України.

Наведемо опис малопоширених трав'янистих енергетичних культур.

Сорговник поникаючий (Indiangrass, *Sorghastrum nutans (L.) Nash*) [15] – природний багаторічник, що застосовується для боротьби з ерозією, для озеленення ландшафтів; забезпечує харчування й укриття для диких тварин. Сорговник – злак теплого сезону в екосистемі високотравних прерій Північної Америки. Природне середовище існування рослин – відкриті поля та луки. Рослини сорговника пристосовані до ґрунтів з глибоким заляганням вологи, починаючи від важких глинистих і глинистих пісків із діапазоном рН від 4,8 до 8,0. Сорговник має середню стійкість до засолення та посухи, пристосований до періодичного спалення і виживає, проростаючи з підземних кореневищ (ризом). Висота рослин 1,8–3,2 м; мінімальна глибина проникнення коріння 60–70 см. Врожайність біомаси 12–15 т/га. Норми висіву для природних умов – 4–5 кг/га; в суміші 10–50 %, близько 350 000 насінин в 1 кг. Тривалість культивування на ділянці – до 15 років; кількість років до максимальної врожайності біомаси з 1 га – три роки. Ця рослина може стати інвазійною в деяких регіонах або місцях проживання і може витіснити бажану рослинність, що регулюють обґрунтованим менеджментом вирощування.

Бородач Жерарді (*Big Bluestem, Andropogon gerardii Vitman*) – трав'яниста багаторічна рослина. Цей злак використовується для боротьби з ерозією ґрунтів, зростає в кар'єрах і на узбіччях доріг. *Big Bluestem* застосовують як сировину для виробництва біопалив та можуть використовуватись як якісний корм тваринництву, що сприяє поліпшенню біорізноманіття [16].

Big Bluestem є одним із найбільш поширених видів в екосистемі високотравних прерій Північної Америки. Природне середовище існування фітоценозів *Big Bluestem* – відкриті поля та луки. Висота рослин 1,8–2,5 м; мінімальна глибина проникнення коріння 50 см. Толерантний до широкого спектру ґрунтових умов і рівнів вологості; наявна висока посухостійкість; помірна солестійкість. Норми висіву для природних умов – 4,5–6,0 кг/га; в суміші 10–50 %, близько 288000 насінин в 1 кг. Врожай-

ність біомаси 10–12 т/га. Тривалість культивування на ділянці становить 12–14 років; кількість років до максимальної врожайності біомаси з 1 га – три роки.

Big Bluestem на біопаливо потрібно збирати восени, щоб мінімізувати втрату сухої біомаси, оскільки найчастіше він вилягає за зиму. Деякі дослідження показали, що біомаса Big Bluestem має меншу зольність, ніж у інших спеціалізованих енергетичних культур [17–19].

Сорго багаторічне (Трава Колумба, Columbus Grass, Sorghum almum Parodi) відрізняється високою урожайністю біомаси і насіння, морозостійкістю і має відпрацьовану технологію вирощування [20].

Висота рослин 2,8–3,5 м; мінімальна глибина проникнення коренів 70–80 см; висока посухостійкість; помірна солестійкість. Норми висіву для природніх умов – 8,5–10 кг/га; в суміші – не досліджено. Врожайність біомаси 18–20 т/га. Кількість років культивування на ділянці – до 7; кількість років до максимальної врожайності біомаси с 1 га – два [21].

За результатами огляду літератури визначено, що рослини з різних родин відносять до малопоширених енергокультур (МЕК): індіанграс, мініблюестем, бігблюестем, сорго багаторічне, стоколос безоствий (родина тонконогових), рицина (родина молочайні), сіда, або мальва Віргінська (родина мальвові), щавнат (родина гречкові), павловнія томентоза та елонгата (родина павловнієві) та інші. Встановлено, що більшість МЕК є багаторічними рослинами, в основному маючи генеративний тип розмноження, в окремих із них переважає вегетативний спосіб (павловнія). Що і обумовлює особливості їхнього вирощування на малопродуктивних ґрунтах. Менеджмент культивування МЕК передбачає послідовність виконання визначених агрозаходів з урахуванням необхідності створення для рослин умов, близьких до оптимальних. Агротехнологія вирощування кожної енергокультури спрямована на забезпечення на достатньому рівні для росту і розвитку рослини сприятливого поживного, водного та температурного режимів. Кінцевий результат вирощування МЕК – отримання сталої врожайності біомаси, яку використовують у свіжому, зеленому вигляді, або за умови повністю сухого стеблостою. Із рослинної енергоємної сировини МЕК виготовляють: тверді, рідкі та газоподібні біопалива, а їх застосування дозволить знизити енергозалежність територіальних громад.

Отже, актуальним питанням є визначення впливу видового складу та біометричних показників рослин малопоширених енергетичних культур на врожайність їхньої біомаси.

Метою дослідження є визначення впливу видового складу та біометричних показників рослин енергетичних культур на врожайність їхньої біомаси.

Для досягнення мети були поставлені такі *завдання*:

1. Встановити мінливість біометричних показників рослин енергетичних культур та їхній вплив на врожайність біомаси.

2. Визначити рівень врожайності сухої біомаси енергетичних культур.

Матеріал і методика досліджень

Наші дослідження були направлені на вивчення особливостей формування врожайності малопоширених енергетичних культур: сорговника поникаючого, бігблюестему (бородача Жерарді), та сорго багаторічного, встановлення зв'язку між біометричними показниками рослин та врожайність сухої біомаси.

Дослід закладався за методом систематичних повторювань варіантів на маргінальних землях у ґрунтово-кліматичних умовах України. При цьому в кожному повторенні варіанти досліду розміщувались по ділянках послідовно [22]. Повторюваність дослідів – триразова, площа кожної ділянки була 50 м². Агротехніка досліду – загальноприйнята для кожної культури. За рік до вирощування рослин маргінальні ґрунти дискували проводили оранку та три осінні культивації – для знищення проростаючих бур'янів. Сівбу здійснювали навесні розрахунковою нормою висіву з урахуванням посівної придатності насіння. Після чого проводили коткування поверхні поля. При появі сходів, з інтервалом у 2 тижні проводили культивації та розпушування ґрунту у міжряддях.

Закладка польових дослідів та їхнє виконання здійснювалося з урахуванням вимог методики дослідної справи в агрономії [23, 24]. Схема досліду наведено на рис. 1.

У наших дослідженнях здійснювали спостереження, обліки й аналізу відповідно до загальноприйнятних та спеціальних наукових методик і рекомендацій з виробництва [25, 26].

Облік урожайності сухої рослинної біомаси проводили після закінчення вегетації рослин [27]. Результати досліджень аналізували згідно зі статистично-математичною методикою, яку здійснювали за допомогою дисперсійного аналізу із застосуванням комп'ютерної програми «Statistica–6.0» [28, 29].

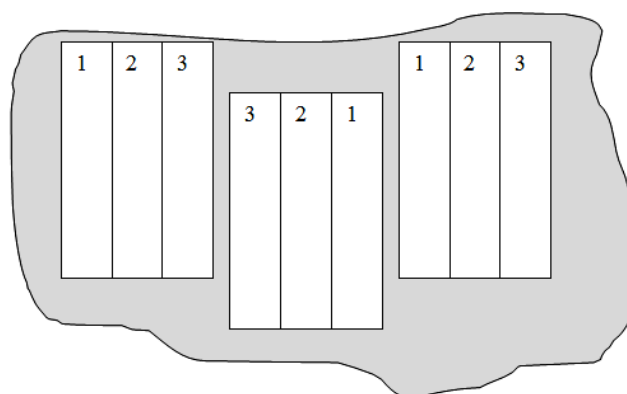


Рис. 1. Схематичне зображення варіантів дослідження з енергетичними культурами:
 1 – сорго поникаючий, 2 – біг-блустем, 3 – сорго багаторічне.

Отже, методика досліджень є відповідною, що застосовують до виконання агрономічних експериментів із рослинами.

Характеризуючи погодні умови місця проведення досліджень протягом вегетаційного періоду проса прутоподібного за травень-жовтень, спостерігаємо нерівномірності опадів. В окремі періоди росту й розвитку рослин фіксували відсутність опадів, що дозволило оцінити реакцію рослин на стійкість до посухи. Відмічено також періоди надмірного зволоження на фоні підвищених температур, що дало можливість визначити стійкість рослин енергокультур до різких коливань погодних умов (рис. 2-3).

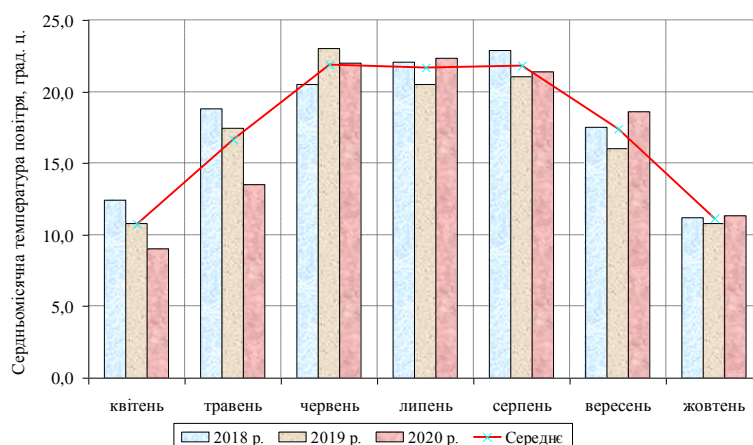


Рис. 2. Середньомісячні температури повітря, 2018–2020 рр.

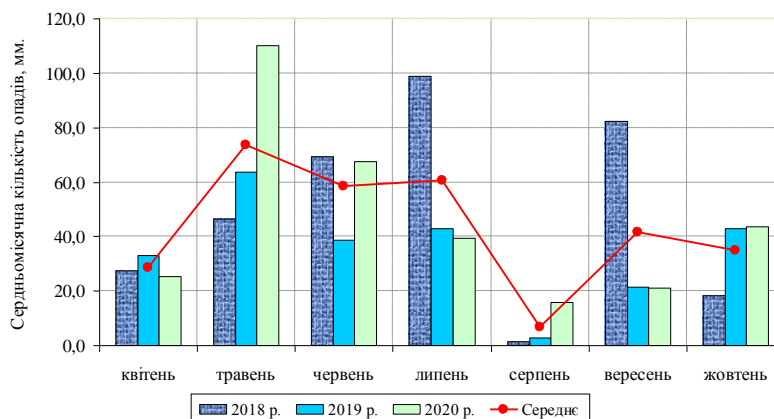


Рис. 3. Середньомісячна кількість опадів, 2018–2020 рр.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Упродовж року найбільших значень температура повітря сягає в липні – до 25,0 °С, в середньому вона сягала 21,8–23,2 °С, в середньому по області 22,3 °С. Мінімальна температура спостерігається в січні – в середньому –4,1 і –4,3 °С. Абсолютний мінімум температури звичайно спостерігається в січні і становить від –25° до –34 °С. Абсолютний максимум у липні-серпні становить від +38° до +40 °С [30].

По території опади розподіляються нерівномірно. Найбільша річна норма опадів спостерігається в центрі та на південному сході області, по м/с Дніпро (567 мм на рік), найменша – на південному заході, по м/с Кривий Ріг і Нікополь (450 і 464 мм відповідно). В середньому по області випадає 516 мм опадів. Такий розподіл можна пояснити тим, що атлантичні антициклони, які приносять основні опади, рухаються територією України з північного заходу на південний схід, переважно долиною Дніпра.

Отже, результати аналізу стану погоди цієї місцевості свідчать, що ґрунтово-кліматичні умови сприятливі для вирощування енергетичних культур, що були взяті на дослідження.

Результати досліджень та їх обговорення

За роки дослідження під час вирощування енергетичних культур на маргінальних ґрунтах встановлено значну мінливість за біометричними показниками рослин. Ця особливість проявилася як за висотою, так і густотою стеблостою (табл. 1–2).

1. Висота рослин енергетичних культур (см), 2018–2020 рр.

Культура	Рік			Середнє за культурою
	2018	2019	2020	
Сорговник понижающий	111,5	149,5	206,0	155,7
Бородач Жерарді	57,2	96,4	119,7	91,1
Сорго багаторічне	117,9	188,7	257,1	187,9
Середнє за рік	95,5	144,9	194,3	144,9
НІР _{0,05}	12,01	14,05	16,07	-

У сорговника понижающего тенденція щорічного збільшення висоти стеблостою – від 111,5 до 206,0 см, що в середньому за три роки становило 155,7 см. Тренд збільшення висоти рослин у Бородача Жерарді сягав показників – від 57,2 у перший рік до 119,7 см на третій вегетаційний рік. Щорічне збільшення лінійного приросту рослин був у межах – від 23,3 до 39,2 см. У середньому за три роки висота рослин досягла 91,1 см. У сорго багаторічного варіювання висоти було в межах – від 117,9 см до 257,1 см, що у середньому становило 187,9 см.

За роки дослідження густина стеблостою енергокультур змінювалася від 34,7 до 301,1 шт./м² (табл. 2).

2. Густина стеблостою енергетичних культур (шт./м²), 2018–2020 рр.

Культура	Рік			Середнє за культурою
	2018	2019	2020	
Сорговник понижающий	112,8	244,6	301,1	219,5
Бородач Жерарді	34,7	80,0	114,9	76,5
Сорго багаторічне	96,8	145,3	205,7	149,3
Середнє за рік	81,4	156,6	207,2	148,4
НІР _{0,05}	17,1	19,2	19,8	-

У сорговника понижающего густина стеблостою була від 112,8 (на перший рік вегетації) до 301,1 шт./м² (на третій). У результаті, в середньому за три роки густина рослин становила 219,5 шт./м². Відмічена тенденція щорічного збільшення густоти стеблостою на 56,5–131,8 шт./м² рослин.

Значно менші показники за густотою стеблостою виявлено у Бородача Жерарді: цей показник у розрізі років дослідження змінювався від 34,7 до 114,9 шт./м² зі щорічним збільшенням цього показника від 34,9 до 45,3 шт./м², що у середньому за три роки склало 76,5 шт./м².

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Збільшення кількості рослин у сорго багаторічного за роки вегетації було від 96,8 шт./м² у перший рік до 205,7 шт./м² – на третій вегетаційний рік, у середньому за роки – 149,3 шт./м². Щорічне збільшення кількості рослин було в межах – від 48,5 до 60,4 шт./м².

Встановлені щільний зв'язок та залежності між висотою та густотою стеблостою в розрізі досліджуваних енергетичних культур (табл. 3).

3. Залежності між висотою та густотою стеблостою енергетичних культур, 2018–2020 рр.

Культура	Коефіцієнт кореляції (r)	Рівень апроксимації (R ²)	Рівняння регресії
Сорговник поникаючий	0,94	0,83	$y = 1,440 \times x$
Бородач Жерарді	0,99	0,88	$y = 0,872 \times x$
Сорго багаторічне	0,97	0,89	$y = 1,223 \times x$

Примітка: зв'язок суттєвий при 5 % рівні значущості.

Видові особливості поряд із кількісними показниками рослин енергокультур мали вплив і на рівень врожайності отриманої сухої біомаси (табл. 4).

4. Урожайність сухої біомаси енергетичних культур (т/га), 2018–2020 рр.

Культура	Рік			Середнє за культурою
	2018	2019	2020	
Сорговник поникаючий	2,8	4,7	7,6	5,0
Бородач Жерарді	1,4	2,4	3,0	2,3
Сорго багаторічне	5,2	7,9	11,0	8,0
Середнє за рік	3,1	5,0	7,2	5,1
HP _{0,05}	0,16	2,4	2,8	-

У розрізі років дослідження відмічено збільшення тренду сухої біомаси сорговника поникаючого від 2,8 до 7,6 т/га, що в середньому за роки становило 5,0 т/га, відповідно у бородача Жерарді – від 1,4 до 3,0 т/га, а у сорго багаторічного – від 5,2 до 11,0 т/га.

Встановлено щільний зв'язок та регресійні залежності між висотою й густотою стеблостою та врожайністю сухої біомаси енергетичних культур (табл. 5–6).

5. Залежності між висотою рослин та врожайністю біомаси енергетичних культур, 2018–2020 рр.

Культура	Коефіцієнт кореляції (r)	Рівень апроксимації (R ²)	Рівняння регресії
Сорговник поникаючий	0,99	0,87	$y = 0,034 \times x$
Бородач Жерарді	0,98	0,97	$y = 0,025 \times x$
Сорго багаторічне	0,99	0,99	$y = 0,043 \times x$

Примітка: зв'язок суттєвий при 5 % рівні значущості.

6. Залежності між густотою стеблостою та врожайністю біомаси енергетичних культур, 2018–2020 рр.

Культура	Коефіцієнт кореляції (r)	Рівень апроксимації (R ²)	Рівняння регресії
Сорговник поникаючий	0,93	0,88	$y = 0,023 \times x$
Бородач Жерарді	0,98	0,83	$y = 0,028 \times x$
Сорго багаторічне	0,96	0,75	$y = 0,034 \times x$

Примітка: зв'язок суттєвий при 5 % рівні значущості.

Встановлена пряmlinійна сильна кореляція свідчить про тісний зв'язок між кількісними показниками рослин (висотою та густотою стеблостою) і врожайністю сухою біомаси усіх енергетичних культур, що й підтверджується даними графіку багатомірного зв'язку (рис. 4).

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИНИЦТВО

Моделювання впливу кількісних показників рослин: висоти (x) та густоти стеблостою (y) показує їх вплив на рівень врожайності сухої біомаси (z) усіх енергетичних культур, що були взяті на дослідження. Це описано рівнянням $z = -2,7247 + 0,0664 \times x - 0,0103 \times y$.

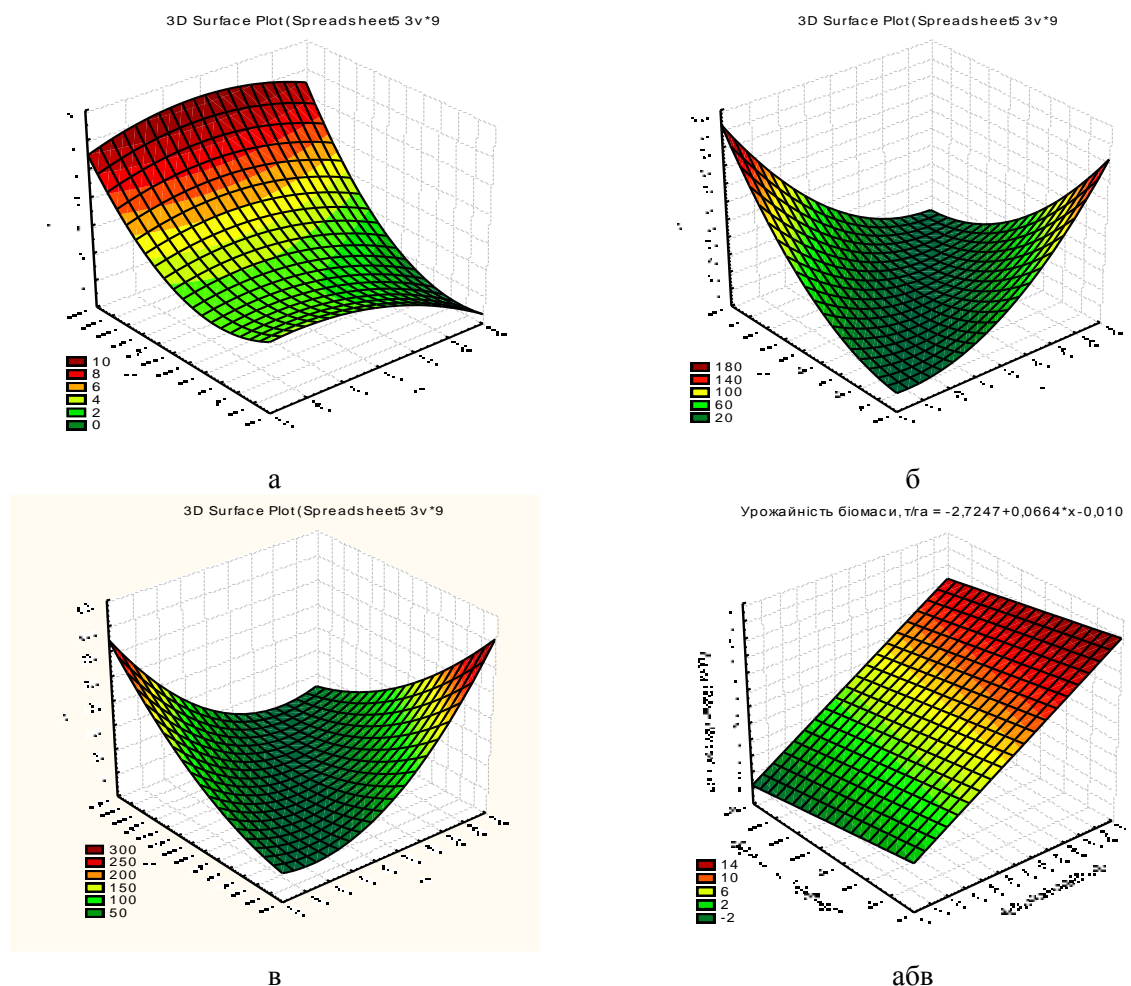


Рис. 4. Багатомірний зв'язок між кількісними показниками рослин і врожайністю біомаси енергетичних культур:

а – сорговник поникаючий, б – бородач Жерарді, в – сорго багаторічне.

Висновки

1. Встановлено взаємозалежність між кількісними показниками рослин малопоширених енергетичних культур: зі збільшенням висоти рослин буде зростати їх кількість та навпаки.

2. Визначено динаміку щорічного збільшення біометричних показників рослин енергетичних культур від першого по третій вегетаційний рік. Найбільшу висоту та густоту стеблостою формують сорговник поникаючий та сорго багаторічне.

2.3-поміж енергетичних культу, взятих на дослідження, найбільшу врожайність за сухою біомасою формує сорго багаторічне й сорговник поникаючий, відповідно 8,0 і 5,0 т/га. Суттєво менший цей показник виявився у Бородача Жерарді – на рівні 2,3 т/га.

3. Визначено, що біометричні показники рослин за висотою і густотою стеблостою вносять суттєвий вплив на рівень врожайності біомаси досліджуваних енергетичних культур, що підтверджує прямолінійний кореляційний зв'язок ($r > 0,71$).

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні насінневої продуктивності малопоширених енергетичних культур залежно від умов вирощування.

References

1. Kulyk, M. I. (2016). *Enerhetychni kultury: navchalnyi posibnyk*. Poltava: Astraia [In Ukrainian].
2. Korenko, M., Bulgakov, V., Kurylo, V., Kulyk, M., Kainichanko, A., Ihnatiev, Y., & Matušeková, E. (2021). Formation of Crop Yields of Energy Crops Depending on the Soil and Weather Conditions. *Acta Technologica Agriculturae*, 24 (1), 41–47. doi: 10.2478/ata-2021-0007
3. Roik, M. V., & Hanzhenko, O. M. (2021). Agricultural and environmental aspects of sustainable bioenergy development. *Bioenergy*, 1, 4–7. doi: 10.47414/be.1.2020.224906
4. Roik, M. V., Hanzhenko, O. M., & Honcharuk, H. S. (2021). The influence of perennial bioenergy crops on the soil fertility restoration. *Bioenergy*, (2). doi:10.47414/be.2.2020.224980
5. Kulyk, M., Galytskaya, M., Plaksiienko, I., Kocherga, A., & Mishchenko, O. (2020). Switchgrass and lupin as phytoremediation crops of contaminated soil. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Proceedings SGEM 2020, Ecology, Economics, Education and Legislation*. doi: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.098
6. Rakhmetov, D. B., Verhun, O. M., & Rakhmetova, S. O. (2014). Panicum virgatum L. as a promising introduced species at M. M. Hryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. *Introduktsiia Roslyn*, 3, 3–14.
7. Orlov, S. D. (2013). Osoblyvosti proiavu biolohichnykh, hospodarskykh oznak roslyn Panicum virgatum (svitchhras) z metoiu stvorennia sortiv z vysokoju enerhetychnoiu tsinnistiu v lisostepovii zoni Ukrainy. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 18, 93–96 [In Ukrainian].
8. Kurylo, V. L., Honcharuk, H. S., & Humentyk, M. Ia. (2014). Udoskonalennia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia prosa prutopodibnoho. *Bioenerhetyka*, 2, 28–30 [In Ukrainian].
9. Christian, D., Riche, A., & Yates, N. (2002) The yield and composition of switchgrass and coastal panic grass grown as a biofuel in Southern England. *Bioresour Technology*, 83, 115–124. doi: 10.1016/s0960-8524(01)00201-2
10. Kaletnik, H. M. (2008). *Rozvytok rynku biopalyv v Ukraini: monohrafiia*. Kyiv: Ahrarna nauka [In Ukrainian].
11. Batova, Yu. V., Kaznina, N. M., Titov, A. F., & Laydinen, G. F. (2014). Sostoyanie travyanistoy rastitelnosti i nakoplenie tyazhelyih metallov rasteniyami, proizrastayuschimi v usloviyah tehnogennoho zagryazneniya pochvyi. *Vestnik Tambovskogo Universiteta. Seriya: Estestvennyie i Tehnicheskie Nauki*, 19 (5), 1642–1645. [In Russian].
12. Keshwani, D. R., & Cheng, J. J. (2009). Switchgrass for bioethanol and other value added applications: a review. *Bioresource Technology*, 100, 1515–1523. doi: 10.1016/j.biortech.2008.09.035.
13. Voigt, T. B. (2012). Perennial herbaceous crops with potential for biofuel production in the temperate regions of the USA. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 7 (015). doi: 10.1079/pavsnnr20127015
14. Martynova, N. V., Lykhopat, Yu. V., Kabar, A. M., Rula, I. V., & Hryhoruk, I. P. (2020). Adaptivnyi potentsial zlakovykh vydiv roslyn Sorghastrum Nutans, Pennisetum Setaceum ta Spodiopogon Sibiricus v umovakh introduktsii stepu Ukrainy. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 1, 37–41. [In Ukrainian].
15. Domin, D. H., & Kulyk, M. I. (2021). Perspektyvni maloposhyreni enerhetychni kultury dlia otrymannia biolohichnoi syrovyny ta rekultyvatsii gruntiv. *Orhanizatsiia diialnosti v ahropromyslovomu kompleksi ta aktualni pytannia veterynarii: materialy I mizhnarodnoi spetsializovanoi naukovoï konferentsii, m. Khmelnytskyi, 5 bereznia, 2021 r.* Vinnytsia: Yevropeiska naukova platforma [In Ukrainian].
16. Kulyk, M., D'omin, D., & Rozhko, I. (2021). Reclamation of marginal lands using rare energy crops. In: *European vector of development of the modern scientific researches: collective monograph*. Riga, Latvia: Baltija Publishing doi: 10.30525/978-9934-26-077-3-27
17. Delucia, E. H., Heckathorn, S. A., & Day, T. A. (1992). Effects of soil temperature on growth, biomass allocation and resource acquisition of Andropogon gerardii Vitman. *New Phytologist*, 120 (4), 543–549. doi: 10.1111/j.1469-8137.1992.tb01804.x
18. Forwood, J. R., & Magai, M. M. (1992). Clipping Frequency and Intensity Effects on Big Bluestem Yield, Quality, and Persistence. *Journal of Range Management*, 45 (6), 554–559. doi: 10.2307/4002571

19. McKone, M. J., Lund, C. P., & O'Brien, J. M. (1998). Reproductive biology of two dominant prairie grasses (*Andropogon gerardii* and *sorghastrum nutans*, Poaceae): male-biased sex allocation in wind-pollinated plants? *American Journal of Botany*, 85 (6), 776–783. doi: 10.2307/2446412
20. Rudnyk-Ivashchenko, O. I. (2009). *Proso. Osoblyvosti biologii, fiziologii, henetyky: monohrafiia*. Kyiv: Kolobih [In Ukrainian].
21. Rakhmetov, D. B. (2007). Rol novykh kultur u fitoenerhetytsi Ukrainy. *Naukovyi Visnyk NAU*, 116, 13–20 [In Ukrainian].
22. Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Vyshcha shkola [In Ukrainian].
23. Dosphehov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].
24. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., & Opryshko, V. P. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Diia [In Ukrainian].
25. Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Honcharuk, H. S., Smirnykh, V. M., Horobets, A. M., Kaskiv, V. V., Maksymenko, O. V., & Mandrovska, S. M. (2012). *Metodychni rekomendatsii z provedennia osnovnogo ta peredposivnogo obrobittiv gruntu i sivby prosa lozovydnoho*, Kyiv: Instytut bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv [In Ukrainian].
26. Smart, A. J., & Moser, L. E. (1997). Morphological Development of Switchgrass as Affected by Planting Date. *Agronomy Journal*, 89 (6), 958–962. doi: 10.2134/agronj1997.00021962008900060018x
27. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., & Kurylo, V. L. (2017). *Methodology of conducting field and laboratory researches with switchgrass (*Panicum virgatum* L.)*. Poltava [In Ukrainian].
28. Borovykov, V. P. (2003). *Statistica. Yskusstvo analyza dannykh na kompiutere: dlia professionalov*. Sankt-peterburg: Pyter [In Russian].
29. Ermantraut, E. R., Prysiazniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica – 6: Metodychni vkazivky*. Kyiv [In Ukrainian].
30. *Ekolohichniy pasport Dnipropetrovskoi oblasti*. Retrived from: https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2017 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 12405.2021 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Рожко І. І., Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Вплив біометричних показників рослин на врожайність біомаси інтродукованих малопоширених енергетичних культур. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 114–123.

© Рожко Ілона Іванівна, Дьомін Дмитро Геннадійович, Кулик Максим Іванович, 2021