

УДК 662.636:582.542.11]:[581.522.4+581.95]:[58:069.029](477-25)

Д.Б. РАХМЕТОВ, Т.О. ЩЕРБАКОВА, С.О. РАХМЕТОВА

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України
Україна, 01014 м. Київ, вул. Тімірязєвська, 1

ПЕРСПЕКТИВНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РОСЛИНИ РОДУ *MISCANTHUS* ANDERSS., ІНТРОДУКОВАНІ В НАЦІОНАЛЬНОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ ім. М.М. ГРИШКА НАН УКРАЇНИ

Мета роботи — визначити найефективніші альтернативні джерела біопалива на підставі аналізу інтродуцентів роду *Miscanthus Anderss.*, які культивуються в Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України, а також інтродукційний потенціал рослин для створення нових сортів.

Матеріал та методи. Предмет дослідження — 20 високопродуктивних видів та форм енергетичних рослин роду *Miscanthus*, а також адаптивні сорти, створені на їх основі. Польові дослідження за загальноприйнятими методиками. Вивчення фенологічних фаз проводили за методикою І.М. Бейдеман. Біометричні вимірювання здійснювали за методиками Г.М. Зайцева та Б.А. Доспєхова.

Результати. У Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України в результаті багаторічної інтродукційної та селекційної роботи зібрано цінний генотип *Miscanthus*, створено високопродуктивні сорти (Снігопад, Велетень, Гулівер). Установлено, що вегетація рослин завершується у *M. sacchariflorus* (Maxim.) Benth. у фазі цвітіння—плодоношення, у *M. sinensis* Anderss. — у фазі цвітіння, а у *Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize — у фазі появи волоті (найчастіше — у фазі виходу у трубку). Для рослин усіх видів та форм *Miscanthus* характерні великі ростові показники. За висотою та довжиною листка лідером є рослини *Miscanthus × giganteus*, за діаметром стебла, кількістю міжвузлів на пагоні, шириною листової пластинки — зразки *M. sinensis*. Найменші ростові показники мають рослини *M. sacchariflorus*. Ростові показники були найбільшими наприкінці вегетації. Найбільше різноманіття листків (за розміром, забарвленням тощо) притаманне формам *M. sinensis*. Визначено основні морфологічні характеристики волоті (форма, довжина, ширина, кількість гілочок у волоті, їх розмір та форма тощо) різних видів і форм *Miscanthus*. Ці показники як важливі діагностичні ознаки використано для розробки методик експертизи на відмінність, однорідність та стабільність сортів *Miscanthus*. Рослини *M. sacchariflorus* мають кореневищний тип кущення, *M. sinensis* — щільнокущовий, *M. × giganteus* — пухкокущовий.

Висновок. В результаті багаторічних досліджень доведено перспективність інтродукції представників роду *Miscanthus* в Україну як нових високопродуктивних енергетичних рослин.

Ключові слова: інтродукція, енергетичні рослини, види та форми роду *Miscanthus*, нові сорти, морфобіологія.

У період вичерпання світових енергоресурсів актуальним є пошук альтернативних відновлюваних джерел енергії. Результати досліджень свідчать, що рослини є найефективнішими джерелами перетворення енергії сонця шляхом фотосинтезу у доступну людству форму енергії. Важливим завданням є збереження та збагачення різноманіття енергетичних рослин, оптимізація їх продукційного процесу фітоценотичними, інтродукційними, біотехнологічними, селекційними методами, розробка біотехнологічних та селекційно-гене-

тичних засад конструювання нових енергетичних культур і поліпшення існуючих для створення форм рослин із заданими продукційними параметрами [23].

Енергетичні потреби людства покриваються за рахунок нафти на 36 %, вугілля — на 29 %, газу — на 24 %, ядерного палива — на 7 %. В умовах різкого зменшення запасів мінеральних видів палива та обмежених можливостей збільшення природних відновлюваних енергетичних ресурсів (гідроенергія, сонячна та вітрова енергія тощо) використання енергії біомаси для виробництва твердого, рідкого та газоподібного палива є актуальним [3, 32].

© Д.Б. РАХМЕТОВ, Т.О. ЩЕРБАКОВА,
С.О. РАХМЕТОВА, 2015

У 2012 р. загальне постачання первинної енергії в світі (total primary energy supply) становило 12 264 Мт нафтового еквівалента (н.е.), з них 12,8 %, або 1 567 Мт н.е., було вироблено з відновлюваних джерел енергії [41].

Тверда біомаса є основним відновлюваним ресурсом. На її частку припадає 9,9 % від загального виробництва первинної енергії, або 71,7 % виробництва цієї енергії з відновлюваних джерел. Найбільшу кількість первинної енергії з твердої біомаси (86,5 %) виробляють у країнах, які розвиваються. Її використовують у побуті. Це країни Африки (28,1 %), Латинської Америки (9,1 %), Китай (17,4 %) та інші країни Азії (30,4 %). Найбільша частка біомаси у виробництві енергії характерна для країн ЄС: Латвія — 26 %, Фінляндія — 20 %, Швеція — 19 %, Данія — 13 %, Португалія та Австрія — 12 % [35]. Сьогодні відновлювані джерела енергії мають достатній потенціал і важливе значення для заміщення традиційних викопних видів палива та скорочення викидів парникових газів [8].

Запропоновано класифікацію, яка враховує особливості утворення біопалива, його походження [4]. До деревного палива віднесено види біопалива (тверді, рідкі, газоподібні), отримані безпосередньо чи опосередковано з дерев і кущів у результаті лісгосподарської діяльності, а також промислові побічні продукти з первинної та вторинної деревної продукції. У групу агропалива входять продукти рослинного походження сільськогосподарської біомаси та відходи їх промислової переробки.

З метою обміну інформацією та накопичення знань про різні типи біомаси Міжнародним енергетичним агентством було створено базу даних, яка нині містить інформацію про 1560 видів сировини та зразки золи [34]. Біомаса має високу реакційну здатність, про що свідчить вихід летких речовин — 70–86 % [44].

Вміст негорючих речовин і підвищена вологість спричиняють зниження теплотворної здатності та жаропродуктивності палива. При робочій зольності деревної біомаси 4 % і зміні вологості від 10 до 60 % жаропродуктивність різко знижується з 1940 до 1182 °С [3].

Проблема використання альтернативних джерел енергії з відновлюваної сировини стає дедалі актуальнішою для сучасного суспільства у зв'язку з енергетичною кризою і екологічним станом, який погіршується [6, 23, 25].

В Україні попит на енергію з відновлюваних джерел з кожним роком зростає. Збільшується інтерес до вирощування та впровадження високопродуктивних трав'янистих рослин, таких як види роду *Miscanthus* Anderss., *Sorghum saccharatum* (L.) Moench, *Panicum virgatum* L. тощо [15, 23, 25].

До найперспективніших енергетичних рослин у світі належать представники роду *Miscanthus*, особливо міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize) [11, 29, 31, 33]. Його вперше випробували в Данії. Це гібрид м. китайського (*M. sinensis* Anderss., диплоїдний) та м. цукрокувкового (*M. sacchariflorus* (Maxim.) Benth., тетраплоїдний). В умовах помірного клімату на третій рік вирощування продуктивність міскантусу становить від 10 до 30 т/га сухої маси, теплотворна здатність — від 14 до 17 МДж/кг. Тривалість продуктивного вирощування міскантусу на одному місці — 15 років [42].

Результати інтродукційних випробувань м. гігантського у різних кліматичних зонах дають підставу стверджувати, що він є високопластичною і високопродуктивною культурою. Плантації можна створювати на ґрунті IV і V–VI класу. Міскантус — це теплолюбна рослина, яка має ефективну форму фотосинтезу, що забезпечує значне збільшення біомаси з асиміляційної поверхні. Молоді рослини в перший рік вегетації особливо чутливі до морозу, тому в деяких випадках необхідний захист рослин (наприклад, за допомогою підстилки). Завдяки розвиненій кореневій системі міскантус є рослиною, стійкою до періодичних посух і затінення, його можна також використовувати для боротьби з ерозією ґрунту. Міскантус росте в умовах боліт і водно-болотних угідь [28].

Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 400 кг сирої нафти. Зниження собівартості до 49 євро/т при отриманні врожаю не

менше ніж 18 т/га обгрунтовує доцільність вирощування міскантусу у великих обсягах.

Коренева система міскантусу досягає 2,5 м у довжину. Така коренева система сприяє оптимальному використанню елементів живлення і води з ґрунту. Стебло є дуже міцним і стійким до механічних пошкоджень. Рослини добре перезимовують, стійкі до опадів і сильного вітру в зимовий період. У природному середовищі рослини міскантусу досягають 2 м і більше заввишки.

Види роду *Miscanthus* — це багаторічні трави. Найвідоміші види: *M. sacchariflorus*, *M. sinensis*, *M. condensatus* Hackel, *M. flavidus* Honda, *M. kanehirae* Honda, *M. transmorrisonensis* Hayata та гібрид *M. × giganteus*. У міжнародній базі даних “The Plant List” наведено 22 види роду *Miscanthus* [43].

Представники роду широко поширені в тропічній, субтропічній і помірній зонах Азії, Африки та Австралії. Рослини утворюють великі пухкі дернини з повзучими кореневищами. Їх культивують в Європі та Північній Америці. У природі міскантуси ростуть по берегах річок, у передгір’ї, гірській місцевості. Європейськими вченими було інтродуковано гібрид *M. × giganteus* для виробництва волокнистих матеріалів, а згодом він став перспективною культурою для біопалива [27–29, 31, 37, 38, 42]. Види роду становлять інтерес для селекційної роботи [30].

Міскантуси вирізняються продуктивним довголіттям. Вони не виснажують ґрунт, мають позитивний енергетичний баланс порівняно з іншими культурами (верба, коноплі). Після чотирьох років вирощування вони накопичують 15–20 т підземної біомаси, яка еквівалентна 7,2–9,2 т вуглецю на 1 га. Урожайність надземної маси до 20 т/га може забезпечити стільки ж енергії, скільки 12 т вугілля.

Miscanthus — культура морозостійка. В умовах України рослини витримуть температуру –20 °С градусів навіть без снігового покриву [24]. Для нормального росту та розвитку їм необхідно близько 700 мм опадів на рік [12].

Ареал *M. sacchariflorus* — вологі долини річок, лісові галявини, відкриті кам’яністі схили на території від Амурської області до півдня

Приморського краю Росії, Японії, Маньчжурії, Кореї. Через наявність довгих кореневищ та здатність зав’язувати насіння вид обмежено використовують у декоративному садівництві [14]. У тропічних та субтропічних районах США натуралізовані *M. sinensis* та *M. sacchariflorus* вважають бур’янами та інвазійними видами. За результатами досліджень біохімічних та фізіологічних особливостей *M. sinensis* та *M. sacchariflorus* обидва види запропоновано для використання в промисловості [40, 46].

На початку V ст. н. е. *Miscanthus* використовували лише в Китаї як протиерозійну культуру. В Європу він потрапив у XVI ст. Культивувався як декоративна рослина. У 1935 р. датський учений А. Ольсен завіз в Європу з Японії зразки міскантусу, які було використано в 1983 р. у селекційній роботі на Станції селекції рослин у Данії. З того часу проводяться інтенсивні дослідження цієї культури в Німеччині, Великій Британії, Італії, Франції, Іспанії, Польщі, Чехії та інших країнах Європи [19].

Miscanthus × giganteus — це стерильний триплоїдний гібрид. Єдиним способом його розмноження є вегетативний. Через це рослина не належить до інвазійних видів і набуває дедалі більшого поширення. В 1980-х роках гібрид вперше було випробувано в Європі як біопаливо. Встановлено, що його річна біомаса становить 20–25 т/га [5, 39]. Ця рослина з C₄-схемою фотосинтезу має високу фотосинтетичну активність і здатність засвоювати азот та вуглець [33]. Нині міскантус застосовують у країнах Євросоюзу, Росії, США як джерело для отримання целюлози, біопалива (біоетанолу), тепло- та електроенергії. Розробкою програм для використання міскантусу як біопалива займаються вчені з університетів Іллінойсу, Міссісіпі, Мічигану, Міннесоти, Джорджії та Вісконсіну [30, 36, 39, 45].

Широке впровадження *Miscanthus* у культуру землеробства сприятиме не лише отриманню відновлюваної енергії з біомаси, а й поліпшенню екологічного стану агроландшафтів України [6, 10, 11, 21, 22]. Вирощування енергетичних культур з високою продуктивністю біомаси забезпечує значне надходження орга-

нічної речовини у ґрунт з кореневими та післяжнивними рештками. Це сприяє нагромадженню гумусних сполук у профілі ґрунту. Іншою перевагою вирощування енергетичних культур є відсутність обробітку ґрунту впродовж багатьох років, що сприяє стабілізації видового складу ґрунтової мікрофлори, ґрунтоформувальним процесам.

Міскантус не потребує витрат на обробіток ґрунту, а після посадки — догляду. Невеликі експлуатаційні витрати вирощування відкривають широкі можливості для використання цієї культури. Урожай збирають за допомогою звичайних кормозбиральних комбайнів, а отриману масу можна використовувати безпосередньо для виробництва тепла або переробляти в паливні брикети чи пілети [8].

Співробітниками Інституту цитології і генетики Сибірського відділення РАН виведено нову форму *M. sinensis*, адаптовану до вирощування в умовах Західного Сибіру. Інтерес учених до цієї рослини зумовлений унікальним активним коренеутворенням, що дає змогу використовувати цю форму *Miscanthus* для збереження висихаючих озер шляхом посадки рослини по берегах, а також для запобігання обвалам [20].

Таким чином, аналіз літератури свідчить про те, що багаторічні види роду *Miscanthus* належать до найперспективніших енергетичних рослин у світі. Будучи рослинами з C₄-схемою фотосинтезу, вони ефективно використовують сонячну енергію, є посухо-, холодо-, морозо-, зимостійкими і стійкими до затоплення. Представники цього роду мають широкі адаптаційні можливості, можуть ефективно вирощуватися в різних ґрунтово-кліматичних умовах помірної широти, забезпечують високу продуктивність при мінімальних витратах на їх вирощування. З огляду на це види роду *Miscanthus* є перспективними енергетичними рослинами для умов України, проте відсутність комплексних досліджень біологічних, екологічних і біохімічних особливостей рослин, високопродуктивних, адаптованих до місцевих умов сортів, а також технологій вирощування та використання сировини

для виробництва різних видів біопалива унеможливають широке впровадження представників цього роду в культуру.

Відсутні зональні науково-обґрунтовані технології культивування міскантусів залежно від еколого-географічних особливостей. Остаточо не з'ясовано вимоги рослин до умов доквілля, особливості росту та розвитку, продуктивність основної і побічної продукції, якісні та кількісні характеристики сировини, енергетичний потенціал нових форм, гібридів і сортів. Не створено сорти різних видів рослин та не розроблено технології виробництва і використання сировини. Тому важливе значення має розробка та впровадження перспективних для України джерел біопалива шляхом підбору нових і малопоширених енергетичних рослин (*M. sinensis*, *M. sacchariflorus*, *Miscanthus* × *giganteus*) та створення високоцінних сортів та гібридів інтродукційними, селекційними і біотехнологічними методами.

З огляду на актуальність та важливість пошуку ефективних джерел відновлюваної енергії з 1990-х років у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України проводяться комплексні дослідження з мобілізації, оцінки та використання рослинних ресурсів як біопалива. Тут зібрано один з найбільших в Україні генофондів енергетичних рослин, який нараховує 467 видів, сортів та форм рослин (114 цукроносних, 168 олійних та 181 сировинна культура для виробництва твердого біопалива і біогазу). Окрім інтродуцентів та малопоширених культур, вирощуються форми, гібриди та сорти енергетичних рослин власної селекції.

Теоретично обґрунтовано та практично реалізовано основні засади використання енергетичних рослин з високим продукційним потенціалом для біоенергоконверсії в Україні. Встановлено найперспективніші рослинні джерела біопалива різних напрямів використання.

Мета роботи — визначити найефективніші альтернативні джерела біопалива на підставі аналізу інтродуцентів роду *Miscanthus*, які ви-

рошуються в НБС ім. М.М. Гришка НАН України, а також інтродукційний потенціал рослин для створення нових сортів.

Матеріал та методи

Предмет дослідження — 20 високопродуктивних видів та форм енергетичних рослин роду *Miscanthus*, а також адаптивні сорти, створені на їх основі.

Польові досліди тривалістю від 3 до 6 років закладали згідно із загальноіснуючими методиками для Держсортмережі і науково-дослідних установ у 4-разовій повторності [7]. Розмір посівних ділянок — 60–100 м², їх облікова площа — 30–60 м². Розміщення варіантів по повторностях — систематичне і рандомізоване.

Вивчення фенологічних фаз проводили за методикою І.М. Бейдемана [2]. Біометричні вимірювання здійснено за методиками Б.А. Доспехова [7] і Г.М. Зайцева [9]. При морфологічному описі застосовували загальноприйнятту термінологію [1, 13, 26].

Фотографії виконано цифровою фотокамерою Canon 400D.

Математичну обробку результатів проводили методами дисперсійного та кореляційного аналізу і статистичної оцінки середніх за методикою Б.А. Доспехова [7] та за допомогою програми Excel.

У Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України протягом багаторічного періоду проводяться інтродукційні та селекційні дослідження видів роду *Miscanthus*. Зібрано генфонд, який нараховує 20 таксонів. Вивчено біологічні, екологічні, біохімічні і морфологічні особливості рослин, визначено врожайність надземної маси, продуктивність та енергетичну цінність різних видів, форм і сортозразків.

Дослідженнями особливостей росту і розвитку рослин різних видів, форм та сортозразків *Miscanthus* встановлено, що залежно від видових особливостей та року життя інтродуценти завершують вегетацію у фазу виходу в трубку (*M. × giganteus*), у фазу появи волоті (*M. sinensis*) або у фазі цвітіння—плодоношення (*M. sacchariflorus*).

В умовах Правобережного Лісостепу України рослини досліджуваних зразків починають відростати у I декаді квітня (табл. 1).

Таблиця 1. Сезонний ритм розвитку представників роду *Miscanthus*

Table 1. Seasonal development rhythm of representatives of the genus *Miscanthus*

Вид, форма, сорт	Фаза розвитку					
	відростання	кушіння	вихід у трубку	поява волоті	цвітіння	плодоношення
<i>M. sacchariflorus</i> , ф. ЕСБМЦ-1	10.04 (±3 доби)	10.06 (±4 доби)	16.07 (±3 доби)	04.08 (±3 доби)	20.08 (±5 діб)	17.09 (±4 доби)
<i>M. sacchariflorus</i> , ф. ЕСБМЦ-2	11.04 (±4 доби)	08.06 (±3 доби)	14.07 (±4 доби)	31.07 (±4 доби)	18.08 (±4 доби)	25.09 (±3 доби)
<i>M. sacchariflorus</i> , 'Снігопад'	08.04 (±3 доби)	06.06 (±3 доби)	12.07 (±4 доби)	28.07 (±3 доби)	14.08 (±4 доби)	20.09 (±2 доби)
<i>M. sinensis</i> , 'Велетень'	14.04 (±4 доби)	14.06 (±5 діб)	10.08 (±6 діб)	04.09 (±4 доби)	17.10 (±6 діб)	Не настає
<i>M. sinensis</i> , ф. ЕСБМК-2	16.04 (±5 діб)	16.06 (±6 діб)	12.08 (±6 діб)	12.09 (±5 діб)	26.10 (±7 діб)	"
<i>M. sinensis</i> , ф. ЕСБМК-3	16.04 (±3 доби)	18.06 (±5 діб)	16.08 (±5 діб)	08.09 (±5 діб)	20.10 (±6 діб)	"
<i>M. × giganteus</i> , 'Гулівер'	18.04 (±5 діб)	21.06 (±6 діб)	20.08 (±5 діб)	29.09 (±7 діб)*	Не настає	"

* Настання цієї фази залежить від року життя рослин та умов вегетації. Вона може настати на 3-4-й рік життя, але не в усіх рослин.

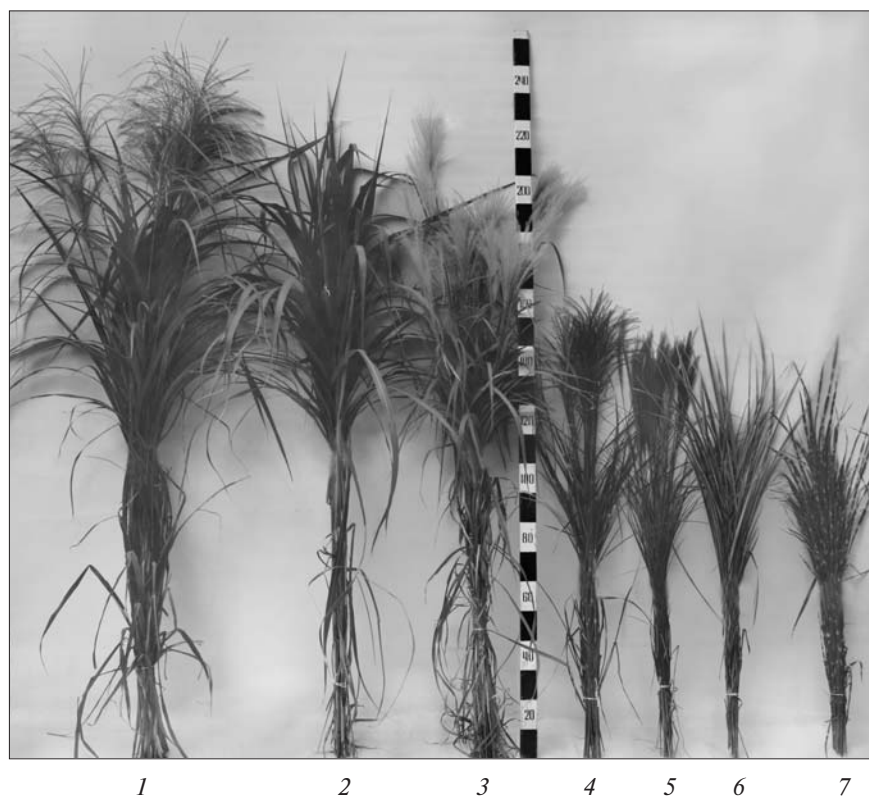


Рис. 1. Видове та формове різноманіття *Miscanthus*: 1 — *M. sinensis*; 2 — *M. × giganteus*; 3 — *M. sacchariflorus*; 4–7 — форми *M. sinensis*

Figure 1. Species and forms diversity of *Miscanthus*: 1 — *M. sinensis*; 2 — *M. × giganteus*; 3 — *M. sacchariflorus*; 4–7 — forms of *M. sinensis*

Інтенсивне відростання в більшості форм припадає на II декаду квітня. Пізні форми розпочинають активний ріст в останню декаду квітня. У форм *M. sacchariflorus* основні фази розвитку настають раніше та дружніше за інші зразки. Так, фаза виходу у трубку у рослин різних форм *M. sacchariflorus* настає в II декаді липня, поява волоті — в III декаді липня—I декаді серпня, цвітіння — у II–III декаді серпня, тоді як у форм *M. sinensis* ці фази настають у II декаді серпня, I–II декаді вересня та II–III декаді жовтня відповідно. Всі форми та сортозразки *M. sinensis* вирізняються пізнішим настанням фаз розвитку. До завершення вегетаційного періоду рослини всіх форм цього виду, на відміну від *M. sacchariflorus*, залишаються зеленими. Ріст та розви-

ток рослин припиняється лише після настання сильних приморозків. Для рослин *M. × giganteus* характерне також пізнє настання основних фаз розвитку. Цвітіння відбувається не щороку і лише в окремих рослин. Наступні фази розвитку рослин в умовах інтродукції в Україні не спостерігаються.

У світі тривають роботи зі створення форм *Miscanthus* з дружньою та ранньою появою волоті на другий та наступні роки життя.

У цілому в роки з раннім завершенням вегетаційного періоду ріст та розвиток пізньостиглих форм рослин *Miscanthus* припиняються у III декаді жовтня, із середнім завершенням — у II декаді листопада, з пізнім завершенням — у I декаді грудня. В окремі роки пізньостиглі форми рослин *Miscanthus* вегетують аж до II декади січня.

Для *M. × giganteus* в умовах Правобережного Лісостепу України характерна розтягнута фаза кушіння. Генеративний період розвитку у рослин не настає масово навіть на багаторічних плантаціях. Майже в усіх рослин спостерігається фаза виходу у трубку.

Аналіз формового різноманіття *Miscanthus*, зібраного у відділі нових культур НБС ім. М.М. Гришка НАН України, свідчить про те, що вони суттєво відрізняються за біоморфологічними особливостями, габітусом, ростом та розвитком рослин (рис. 1).

У результаті інтродукційної і селекційної роботи створено три сорти *Miscanthus*: ‘Снігопад’ (*M. sacchariflorus*), ‘Велетень’ (*M. sinensis*), ‘Гулівер’ (*M. × giganteus*) (рис. 2–4).

Основні морфометричні параметри рослин *Miscanthus* залежали від видових, формових, сортових особливостей та інших чинників. У період інтенсивної вегетації, коли настає початок технічної стиглості, рослини досягають великого розміру. Найбільшими ростовими параметрами характеризувалися рослини *M. sinensis* та *M. × giganteus* (табл. 2).

Найбільша висота рослин та довжина листка притаманні рослинам *M. × giganteus*, найбільший діаметр стебла, кількість міжвузлів на пагоні та ширина листової пластинки — зразкам *M. sinensis*, найменші ростові показники у цей період мають рослини *M. sacchariflorus*, проте вони формують найбільшу кількість надземних пагонів на одиницю площі.

В умовах України наприкінці вегетації рослини можуть досягати висоти від 120 до 350 см. (табл. 3 і 4). У рослин *M. × giganteus* у цей період відзначено найбільшу висоту, кількість листків на стеблі та їх розміри, у рослин *M. sinensis* — найбільший діаметр стебла, кількість міжвузлів на стеблі та довжина волоті. Найменші ростові показники притаманні рослинам *M. sacchariflorus*.

Для рослин *M. sinensis* характерно найбільше формове різноманіття листків (за розмірами, забарвленням). Трапляються листки світло-зеленого, білого, жовтого, бурого забарвлення з поздовжніми або поперечними смугами та штрихами. Окремі форми рослин мають вузьколанцетну листову пластинку.



Рис. 2. *Miscanthus sacchariflorus*, сорт Снігопад у фазу цвітіння

Figure 2. *Miscanthus sacchariflorus*, ‘Snigopad’ in the flowering stage



Рис. 3. *Miscanthus × giganteus*, сорт Гулівер у фазу виходу в трубку

Figure 3. *Miscanthus × giganteus*, ‘Guliver’ in the stem extension phase

Визначено основні морфологічні характеристики волоті (форма, довжина, ширина, кількість гілочок у волоті та їх розміри і форма тощо) різних видів та форм *Miscanthus*. Ці показники як важливі діагностичні ознаки було використано для розробки методики експертизи видів і сортів *Miscanthus* на відмінність, однорідність та стабільність [16, 17].



Рис. 4. *Miscanthus sinensis*, сорт Велетень у фазу цвітіння
Figure 4. *Miscanthus sinensis*, 'Veleten' in the flowering stage

У рослин різних видів *Miscanthus* через 100–135 діб після початку вегетації настає фаза появи волоті. Це припадає на кінець липня–початок серпня. До фази цвітіння волоть досягає довжини 15–30 см і ширини 6–15 см (рис. 5).

Волоть рослин *Miscanthus sinensis* суттєво відрізняється за формою та морфометричними показниками залежно від форми (табл. 5). За довжиною, шириною волоті, кількістю гілочок у волоті та їх довжиною лідером є сорт Велетень. Найменші показники зафіксовано у форми ЕСБМК-2.

Волоть *M. sinensis* має веретеноподібну, конусоподібну та еліпсоподібну форму (див. рис. 5). Вона складається з 25–50 гілочок, завдовжки 20–25 см (рис. 6).

Гілочка волоті рослин залежно від умов вегетації містить 1–10 гілочок другого порядку (рис. 7).

Гілочки волоті рослин форм *M. sinensis* мають різний ступінь хвилястості. Вони можуть бути злегка, помірно або дуже хвилястими.

Як було зазначено вище, *M. × giganteus* залежно від багатьох факторів на другий та наступні роки життя може утворювати волоть. Подібно до *M. sinensis* волоть у *M. × giganteus* також має веретеноподібну, конусоподібну або еліпсоподібну форму.

Таблиця 2. Морфометрична характеристика представників роду *Miscanthus* у період вегетації

Table 2. Morphometric characteristic of representatives of the genus *Miscanthus* during the growing stage

Вид, форма, сорт	Фаза розвитку	Висота рослин, см	Діаметр стебла, мм	Кількість міжвузлів на стеблі, шт.	Листки		
					кількість на стеблі, шт.	довжина, см	ширина, см
<i>M. sacchariflorus</i> , ф. ЕСБМЦ-1	Початок цвітіння	207,9 ± 3,0	4,7 ± 0,7	7,9 ± 0,5	10,8 ± 0,4	65,6 ± 1,4	1,6 ± 0,6
<i>M. sacchariflorus</i> , 'Снігопад'	"	226,7 ± 3,9	4,8 ± 0,2	8,8 ± 2,2	11,9 ± 0,02	63,8 ± 0,9	1,9 ± 0,9
<i>M. × giganteus</i> , ф. ЕСБМГ-3	Вихід у трубку	211,5 ± 4,9	11,1 ± 0,4	6,6 ± 0,6	12,30 ± 0,3	95,7 ± 1,8	2,7 ± 0,7
<i>M. × giganteus</i> , 'Гулівер'	"	278,6 ± 5,6	11,4 ± 0,4	7,4 ± 0,7	12,40 ± 0,4	105,7 ± 1,4	2,5 ± 0,8
<i>M. sinensis</i> , ф. ЕСБМК-8	"	238,3 ± 4,7	13,4 ± 0,5	9,7 ± 0,3	14,0 ± 0,5	89,6 ± 1,5	3,0 ± 0,6
<i>M. sinensis</i> , 'Велетень'	"	248,2 ± 4,8	14,6 ± 0,3	9,4 ± 0,3	14,4 ± 0,3	97,0 ± 1,2	3,2 ± 0,1

Рослинам *M. sacchariflorus* притаманний кореневищний тип кушіння. Кількість ризом у кущі становить від 18 до 37 шт., їх довжина — 10–15 см (рис. 8, А).

Miscanthus sinensis належить до рослин зі щільнокущовим типом кушіння (див. рис. 8, В). Окрема рослина може мати до 45 ризом, які сягають 5–8 см завдовжки. Рослини досліджених форм

Таблиця 3. Морфометрична характеристика пагона представників роду *Miscanthus* наприкінці вегетації

Table 3. Morphometric characteristic of shoot of representatives of the genus *Miscanthus* at the end of the growing stage

Вид, форма, сорт	Висота рослини, см	Діаметр стебла, мм	Кількість пагонів у кущі, шт.	Кількість міжвузлів на стеблі, шт.
<i>M. sacchariflorus</i> , ф. ЕСБМЦ-1	210,8 ± 2,5	4,3 ± 0,1	24,4 ± 0,12	11,6 ± 0,3
<i>M. sacchariflorus</i> , 'Снігопад'	234,3 ± 2,3	4,4 ± 0,1	26,0 ± 0,73	12,4 ± 0,2
<i>M. × giganteus</i> , ф. ЕСБМГ-3	219,9 ± 5,3	13,7 ± 0,3	13,7 ± 0,52	7,4 ± 0,3
<i>M. × giganteus</i> , 'Гулівер'	275,3 ± 2,8	15,7 ± 0,4	14,0 ± 0,46	8,3 ± 0,2
<i>M. sinensis</i> , ф. ЕСБМК-8	269,9 ± 4,4	16,7 ± 0,3	32,2 ± 0,99	14,0 ± 0,5
<i>M. sinensis</i> , 'Велетень'	271,6 ± 3,9	17,4 ± 0,4	36,5 ± 0,31	12,9 ± 0,4

Таблиця 4. Морфометрична характеристика листків та волоті представників роду *Miscanthus* наприкінці вегетації

Table 4. Morphometric characteristic of leaves and panicle of representatives of the genus *Miscanthus* at the end of the growing stage

Вид, форма, сорт	Листки			Стеблообгортвальна частина листка, см	Довжина волоті, см
	кількість на стеблі, шт	довжина, см	ширина, см		
<i>M. sacchariflorus</i> , ф. ЕСБМЦ-1	11,5 ± 0,6	62,5 ± 1,1	1,2 ± 0,1	15,9 ± 1,2	24,5 ± 1,27
<i>M. sacchariflorus</i> , 'Снігопад'	12,1 ± 0,3	63,0 ± 3,4	1,3 ± 0,6	20,0 ± 0,5	26,2 ± 0,99
<i>M. × giganteus</i> , ф. ЕСБМГ-3	13,3 ± 0,7	93,9 ± 1,6	2,6 ± 0,4	24,9 ± 0,9	31,3 ± 0,81*
<i>M. × giganteus</i> , 'Гулівер'	13,0 ± 0,5	99,6 ± 1,9	2,7 ± 0,1	28,1 ± 1,3	32,5 ± 0,90*
<i>M. sinensis</i> , ф. ЕСБМК-8	10,3 ± 0,4	83,6 ± 2,9	2,4 ± 0,1	27,7 ± 1,0	47,1 ± 1,4
<i>M. sinensis</i> , 'Велетень'	11,6 ± 0,7	86,6 ± 1,3	2,5 ± 0,1	26,55 ± 1,1	42,0 ± 1,4

* Волоті утворюються лише на окремих рослинах не щорічно.

Таблиця 5. Морфометричні параметри волоті *Miscanthus sinensis*

Table 1. Morphometric parameters of *Miscanthus sinensis* panicle

Форма, сорт	Довжина волоті, см	Ширина волоті, см	Кількість гілочок у волоті, шт.	Довжина гілочок, см
Сорт Велетень	46,8 ± 0,43	37,6 ± 0,16	44,7 ± 0,17	32,0 ± 0,47
Форма ЕСБМК-2	28,9 ± 0,15	26,5 ± 0,25	26,1 ± 0,11	19,8 ± 0,67
Форма ЕСБМК-4	31,0 ± 0,62	25,1 ± 0,19	31,5 ± 0,38	21,3 ± 0,24

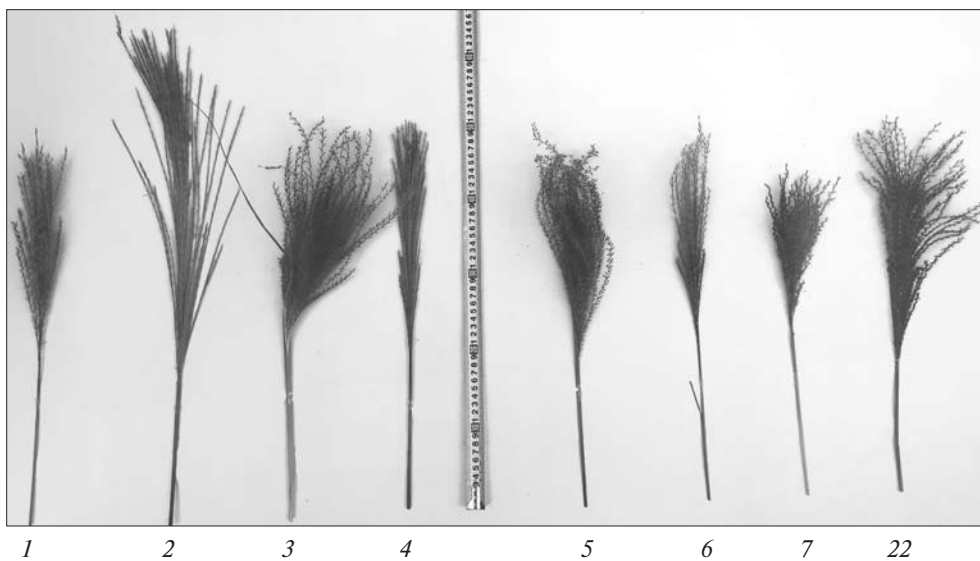


Рис. 5. Різноманіття волотей видів та форм *Miscanthus*: 1 — *M. sacchariflorus*; 3 — *M. × giganteus*; 2, 4–7 і 22 — форми *M. sinensis*

Figure 5. Diversity of panicle branching pattern in *Miscanthus* species and forms: 1 — *M. sacchariflorus*; 3 — *M. × giganteus*; 2, 4–7 and 22 — forms of *M. sinensis*

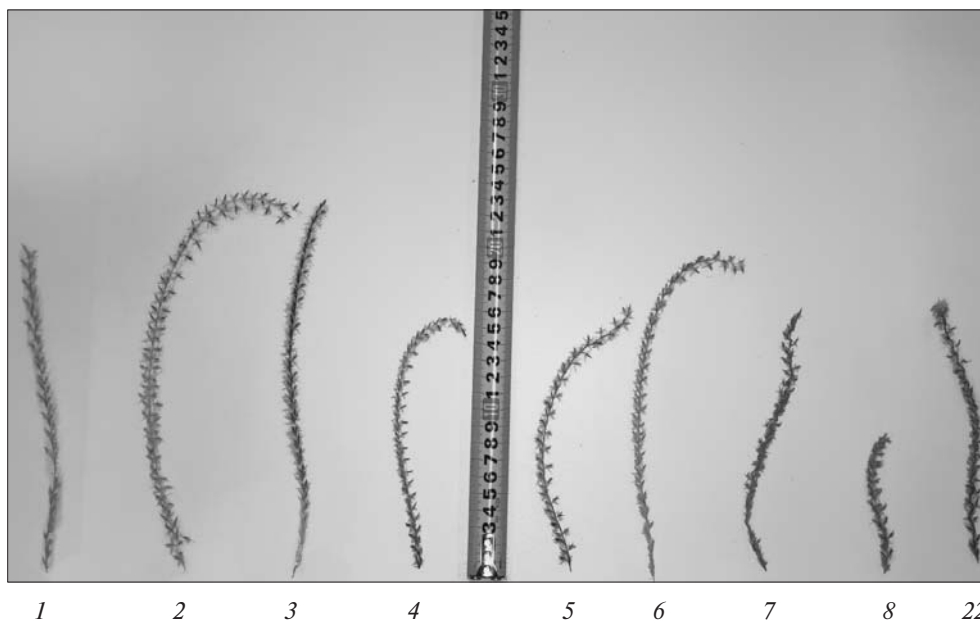


Рис. 6. Гілочки волоті видів та форм *Miscanthus*: 1 — *M. sacchariflorus*; 3 — *M. × giganteus*; 2, 4–7 і 22 — форми *M. sinensis*

Figure 6. Panicle branches of *Miscanthus* species and forms: 1 — *M. sacchariflorus*; 3 — *M. × giganteus*; 2, 4–7 and 22 — forms of *M. sinensis*



Рис. 7. Гілочки волоті *Miscanthus sinensis*, 'Велетень'

Figure 7. Panicle branches of *Miscanthus sinensis* 'Veleten'

M. × giganteus мають пухкокущовий тип кущіння (див. рис. 8, С). З огляду на походження цього гібриду не виключається можливість появи форм рослин із кореневищним та щільнокущовим типом кущіння подібно до батьківських форм.

Висновки

У Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України в результаті багаторічної інтродукційної та селекційної роботи зібрано цінний генофонд представників роду *Miscan-*

thus. Створено сорти: 'Снігопад' (*M. sacchariflorus*), 'Велетень' (*M. sinensis*), 'Гулівер' (*M. × giganteus*). Вивчено їх біологічні, екологічні та морфологічні особливості тощо.

Установлено, що вегетація рослин завершується у *M. sacchariflorus* у фазі цвітіння—плодоношення, у *M. sinensis* — у фазі цвітіння, а у *M. × giganteus* — у фазі появи волоті (найчастіше — у фазі виходу у трубку).

Для рослин усіх видів та форм *Miscanthus* характерні великі ростові показники у період



Рис. 8. Кореневище та ризофори рослин *Miscanthus*: А — *M. sacchariflorus*; 'Снігопад'; В — *M. sinensis*, 'Велетень'; С — *M. × giganteus*, 'Гулівер'

Figure 8. Rhizome and rhizophorous of plants *Miscanthus*: А — *M. sacchariflorus*; 'Snigopad'; В — *M. sinensis*, 'Veleten'; С — *M. × giganteus*, 'Guliver'

активної вегетації. За висотою та довжиною листка лідером є рослини *M. × giganteus*, за діаметром стебла, кількістю міжвузлів на пагоні, шириною листкової пластинки — зразки *M. sinensis*.

Наприкінці вегетації ростові показники були найбільшими. Найменші ростові показники зафіксовано у рослин *M. sacchariflorus*.

Для рослин *M. sinensis* характерне найбільше формове різноманіття листків (за розмірами, забарвленням тощо).

Визначено основні морфологічні характеристики волоті (форма, довжина, ширина, кількість гілочок у волоті, їх розмір та форма тощо) різних видів і форм *Miscanthus*. Ці показники як важливі діагностичні ознаки було використано для розробки методик експертизи видів та сортів *Miscanthus* на відмінність, однорідність і стабільність.

Установлено відмінність за типом кушіння. Рослини *M. sacchariflorus* мають кореневищний тип кушіння, *M. sinensis* — щільнокущовий, *M. × giganteus* — пухкокущовий.

1. Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений / З. Т.Артюшенко. — Л.: Наука, 1990. — 203 с.
2. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И.Н. Бейдеман. — Новосибирск: Наука, 1974. — 153 с.
3. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, Г.П. Григорюк та ін. — К.: Аграр Медіа Груп, 2010. — 403 с.
4. Біомаса як паливна сировина / Г.Г. Гелетуха, М.М. Жовмір, Є.М. Олійник та ін. // Пром. теплотехніка. — 2011. — Т. 33, №5. — С. 76–84.
5. Борчук И. Мискантус: в поисках энергии / И. Борчук // Зерно. — 2009. — № 8. — С. 26–31.
6. Возобновляемые растительные ресурсы / Д. Шпаар, Д. Драгер, С. Каленская, Д. Рахметов; под общ. ред. Д. Шпаар. — СПб.: Пушкин, 2006. — Т. 1. — 416 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — Изд. 5-е, перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1986. — 351 с.
8. Железная Т.А. Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии / Т.А. Железная, А.В. Морозова // Пром. теплотехніка. — 2008. — Т. 30, № 3. — С. 60–76.
9. Зайцев Н.Г. Фенология травянистых многолетников / Н.Г. Зайцев. — М.: Наука, 1978. — 148 с.

10. Зінченко В.О. Біомаса як альтернативне джерело енергії / В.О. Зінченко // Екол. вісн. — 2005. — № 3. — С. 24–25.
11. Зінченко В.О. Мискантус — джерело енергетичної біомаси / В.О. Зінченко // Новини агротехніки. — 2008. — № 3. — С. 40–41.
12. Зинченко В. Энергия мискантуса / В. Зинченко, М. Яшин // ЛесПромИнформ. — 2011. — № 6 (80). — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2409>
13. Глюстрований довідник з морфології квітникових рослин / С.М. Зиман, С.Л. Мосякін, Д.М. Гродзинський, О.В. Булах, Н.Г. Дремлюга. — К.: Фітосоціоцентр, 2012. — 176 с.
14. Колесникова Е.Г. Декоративные травы / Е.Г. Колесникова. — М.: Кладезь-Букс, 2006 — 96 с.
15. Кульчицька-Жигайло Л. Потенціал використання біомаси в Україні / Л. Кульчицька-Жигайло // Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України м. Львів: підсумкова конференція 7 грудня 2009 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://cstei.lviv.ua/upload/pub/Energo/1259275461_62.pdf.
16. Методика проведення експертизи сортів мискантуса гігантського (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize) на відмінність, однорідність і стабільність / В.О. Зінченко, М.В. Роїк, Д.Б. Рахметов та ін. // Офіційний бюлетень. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. — К.: Алефа, 2012. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://sops.gov.ua>
17. Методика проведення експертизи сортів мискантуса китайського (*Miscanthus sinensis* Anderss.) на відмінність, однорідність і стабільність / М.В. Роїк, Д.Б. Рахметов, С.М. Гонтаренко та ін. // Офіційний бюлетень. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. — К.: Алефа, 2012. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://sops.gov.ua>
18. Методика проведення експертизи сортів мискантуса цукровіткового (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth.) на відмінність, однорідність і стабільність / М.В. Роїк, Д.Б. Рахметов, С.М. Гонтаренко та ін. // Офіційний бюлетень. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. — К.: Алефа, 2012. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://sops.gov.ua>
19. Мискантус // Світ рослин. — 2011. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://svit-roslyn.com/bez-rubriki/miskantus/>
20. Новая форма мискантуса китайського (*Miscanthus sinensis* Anderss.) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья / В.К. Шумный, С.Г. Вепрев, Н.Н. Нечипоренко // Весник ВОГиС. — 2010. — Т. 14, № 1. — С. 122–126.
21. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні / М.В. Роїк, В.Л. Курило, О.М. Ганженко, М.Я. Гумендик // Цукрові буряки. — 2012. — № 2-3. — С. 6–8.

22. Рахметов Д.Б. Генетичні ресурси фітоенергетичних інтродуцентів в Україні /Д.Б. Рахметов // Інтродукція рослин. — 2007. — № 2. — С. 3–10.
23. Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні / Д.Б.Рахметов. — К.: Аграр Медіа Груп, 2011. — 398 с.
24. Рокитова О. Энергетические биотопливные культуры: мискантус — за и против / О. Рокитова // Международная биоэнергетика. — 2010. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.info-bio.ru/analytics/385.html>
25. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив / Я.Б. Блюм, І.П. Григорюк, К.В. Дмитрук та ін. — К.: Аграр Медіа Груп, 2014. — 360 с.
26. Словарь ботанических терминов /Под общ. ред. И.А. Дудки. — К.: Наук. думка, 1984. — 308 с.
27. Bauer S. Characterization of *Miscanthus × giganteus* lignin isolated by ethanol Organosolv process under reflux condition / S. Bauer, H. Sorek, V.D. Mitchell et al. // Journal Agricultural Food Chemistry. — 2012. — Vol. 60, N 3. — P. 8203–8212.
28. Chou C.H. *Miscanthus* plants used as an alternative biofuel material: the basic studies on ecology and molecular evolution / C.H. Chou // Renewable Energy. — 2009. — Vol. 34. — P. 1908–1912.
29. Christian D.G. Growth, yield and mineral content of *Miscanthus × giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests / D.G. Christian, A.B. Riche, N.E. Yates // Industrial crops and products. — 2008. — Vol. 28. — P. 320–327.
30. Clifton-Brown J. Carbon content by the energy crop *Miscanthus* / J. Clifton-Brown, J. Breuer, M. Jones // Global Change Biology. — 2007. — N 11. — P. 296–307.
31. Dahl J. Evaluation of the combustion characteristics of four perennial energy crops *Arundo donax*, *Cynara candunculus*, *Miscanthus × giganteus* and *Panicum virgatum* / J. Dahl, J. Obernberger // 2nd World Conference on biomass for energy: Industry and climate protection (10–14 May, Rome). — Rome, 2004. — P. 1265–1270.
32. Dale B. Cumulative energy and global warming impact from the production of biomass for biobased products / B. Dale, S. Kim // Journal of Industrial Ecology. — 2004. — Vol. 7, N 3-4. — P. 147–162.
33. Dondini M. The potential of *Miscanthus* to sequester carbon in soils: comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions / M. Dondini, A. Hastings, G. Saiz et al. // Global Change Biology Bioenergy. — 2009. — N 1–6. — P. 413–425.
34. Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2007. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.fao.org/docrep/007/j4504e/j4504e07.htm5>.
35. Global Status Report 2013 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.unep.org/pdf/GSR2013.pdf>
36. Heaton E. Giant *Miscanthus* for biomass production / E. Heaton // Biomass: miscanthus. — AG201. — 2010. — P. 1–2.
37. Hodgson E.M. Variation in *Miscanthus* chemical composition and implications for conversion by pyrolysis and thermo-chemical bio-refining for fuels and chemical / E.M. Hodgson, D.J. Nowakowsky, I. Shield et al. // Bioresource Technology. — 2011. — Vol. 102. — P. 3411–3418.
38. Kim S.B. Furfural production from *Miscanthus* by on step pyrolysis / S.B. Kim, H.J. Yoo, S.J. Lee et al. // International proceedings of Chemical, Biological, Environmental engineering. — 2012. — Vol. 28. — P. 166–170.
39. Lewandowski I. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop / I. Lewandowski, J. Clifton-Brown, J. Scurlock, W. Huisman // Biomass and Bioenergy. — 2000. — Vol. 19, N 4. — P. 210.
40. Papatheofanous M.G. Characterization of *Miscanthus sinensis* potential as an industrial and energy feedstock / M.G. Papatheofanous et al. // Biomass for Energy and the Environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference. — Oxford: Elsevier, 1996. — P. 504–508.
41. Renewables Information (2013) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://wds.iea.org/wds/pdf/Documentation-%20for%20Renewables%20Information%202013.pdf>
42. Sorensen A. Hydrolysis of *Miscanthus* for bioethanol production using dilute acid presoaking combined with wet explosion pretreatment and enzymatic treatment / A. Sorensen // Bioresource Technology. — 2008. — Vol. 99. — P. 6602–6607.
43. The Plant List, 2014. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу. — <http://www.theplantlist.org/>.
44. The handbook of biomass combustion and co-firing / Ed. by S. van Loo, J. Koppejan. — London; Sterling, VA: Earthscan, 2008. — 464 p.
45. Thelen K. Agronomics of producing switchgrass and *Miscanthus × giganteus* / K. Thelen, J. Gao, K. Withers, W. Everman // Growing the bioeconomic. — 2009. — 40 p.
46. Vranova V. Dominant amino acids, organic acids and sugars in water-solution root exudates of C₄ plants: a mini-review / V. Vranova, H. Kanova, K. Rejsek, P. Fomanek // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brnensis. — 2005. — Vol. 58, N 5. — P. 441–444.

REFERENCES

1. Artyushenko, Z.T. (1990), Atlas po opysatel'noy morfolohyy vysshikh rastenyuy [Atlas of descriptive morphology of higher plants], L.: Nauka, 203 p.
2. Beydeman, Y.N. (1974), Metodyka yzuchenyuya fenolohyy rastenyuy y rastytel'nykh soobshchestvakh

- [Method of study of phenology of plants and plant communities], Novosybyrsk: Nauka, 153 p.
3. Blyum, Ya.B., Heletukha, H.H., Hryhoryuk, H.P., Dmytruk, K.V., Dubrovin, V.O., Yemets', A.I., Zabarnyy, H.M., Kaletnik, H.M., Mel'nychuk, M.D., Myronenko, V.H., Rakhmetov, D.B., Sybirnyy, A.A. and Tsyhankov, S.P. (2010), Biologichni resursy i tekhnolohiyi vyrobnytstva biopalyva [Biological resources and biofuel technology], K.: Ahrar Media Hrup, 403 p.
 4. Heletukha H.H., Zhovmir, M.M. Oliynyk Ye.M. ta in. (2011), Biomasa yak palyvna syrovyna [Biomass as raw materials for fuel], Prom. teplotekhnika, vol. 33, N 5, pp. 76–84.
 5. Borchuk, Y. (2009), Myskantus v poyskakh enerhyi [Miscanthus: in search of energy], Zerno, N 8, pp. 26–31.
 6. Shpaar, D., Draher, D., Kalenskaya, S. and Rakhmetov, D. (2006), Vozobnovlyaemye rastytel'nye resursy [Renewable vegetation resources], Pushkyn, vol. 1, 416 p.
 7. Dospikhov, B.A. (1986), Metodyka polevoho opyta [The technique of field experience]. Yzd. 5-e, pererab. y dop. M.: Ahropromyzdat, 351 p.
 8. Zheleznyaya, T.A. and Morozova, A.V. (2008), Enerhetycheskye kul'tury kak efektyvnyy ystochnyk vozobnovlyaemoy enerhyi [Energy crops as an effective source of renewable energy], Prom. teplotekhnika, vol. 30, N 3, pp. 60–76.
 9. Zaytsev, N.H. (1978), Fenolohyya travyanystykh mnoholetnykh [Phenology of herbaceous perennials], M.: Nauka, 148 p.
 10. Zinchenko, V.O. (2005), Biomasa yak al'ternatyvne dzherelo enerhyi [The biomass as an alternative energy source], Ekolohichnyy visnyk, N 3, pp. 24–25.
 11. Zinchenko, V.O. (2008), Miskantus — dzherelo enerhetychnoyi biomasy [Miscanthus — a source of biomass energy], Novyny ahrotekhniki, N 3, pp. 40–41.
 12. Zynchenko, V. and Yashyn, M. (2011), Enerhyia myskantusa [Energy of miscanthus], LesPromYnform, N 6 [Elektronnyy resurs]: <http://lesprominform.ru/jar-chive/articles/itemshow/2409>
 13. Zyman, S.M., Mosyakin, S.L., Hrodzys'kyi, D.M., Bulakh, O.V. and Dremlyuha, N.H. (2012), Ilyustrovanyy dovidnyk z morfolohiyi kvitnykovykh roslyn [Illustrated reference book to the morphology of flower garden plants], K.: Fitosotsiotsentr, 176 p.
 14. Kolesnykova, E.H. (2006), Dekoratyvnye travi [Ornamental grasses]. M.: Kladez'-Buks, 96 p.
 15. Kul'chys'ka-Zhyhaylo, L. (2009), Potentsial vykorystannya biomasy v Ukraini [The potential use of biomass in Ukraine], Instytut heolohiyi i heokhimiyi ho-ryuchykh kopalyn NAN Ukrainy m. L'viv, pidsumkova konferentsiya 7 hrudnya 2009 r. [Elektronnyy resurs]: http://cstei.lviv.ua/upload/pub/Energo/1259275461_62.pdf.
 16. Zinchenko, V.O., Royik, M.V., Raxmetov, D.B. ta in. (2012), Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv miskantusu hihant-s'koho *Miscanthus* × *giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize na vidminnist', odnoridnist' i stabil'nist' [Methods of examination cultivars miscanthus *Miscanthus* × *giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize the difference, uniformity and stability], Ofitsiyny byuletyn'. Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslyn, Kiev, Alefa [Elektronnyy resurs]: <http://sops.gov.ua>
 17. Royik, M.V., Rakhmetov, D.B., Hontarenko, S.M., Shcherbakova, T.O. ta in. (2012), Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv miskantusu kytays'koho *Miscanthus sinensis* Anders. na vidminnist', odnoridnist' i stabil'nist' [Methods of examination cultivars miscanthus *Miscanthus sinensis* Anders. the difference, uniformity and stability], Ofitsiyny byuletyn'. Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslyn, Kiev, Alefa [Elektronnyy resurs]: <http://sops.gov.ua>
 18. Royik, M.V., Rakhmetov, D.B., Hontarenko, S.M., Blyum, Ya.B. ta in. (2012), Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv miskantusu tsukrokvitkovoho *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth. na vidminnist', odnoridnist' i stabil'nist' [Methods of examination cultivars miscanthus *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth. the difference, uniformity and stability], Ofitsiyny byuletyn'. Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslyn, Kiev, Alefa [Elektronnyy resurs]: <http://sops.gov.ua>
 19. Miskantus (2011), Svit roslyn [Elektronnyy resurs]: <http://svit-roslyn.com/bez-rubriki/miskantus/>
 20. Shumnyy, V.K., Veprev, S.H., Nechiporenko, N.N. ta in. (2010), Nova forma miskantusu kytays'koho (*Miscanthus sinensis* Anders.) yak perspektyvne dzherelo tsellyulozovmisnoyi syrovyny [A new vrianty of chinese silver grass (*Miscanthus sinensis* Anders.) is a promising source of cellulosic material], vol. 14, N 1, pp. 122–126.
 21. Royik, M.V., Kurylo, V.L., Hanzhenko, O.M. and Humentyk, M.Ya. (2012), Perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini [Prospects of the bioenergy development in Ukraine], Tsukrovi buryaky, N 2-3, pp. 6–8.
 22. Rakhmetov, D.B. (2007), Henetychni resursy fitoenerhetychnykh introdutsentiv v Ukraini [Genetic resources of introduced fitoenergy plants in Ukraine], Introduktsiya roslyn, N 2, pp. 3–10.
 23. Rakhmetov, D.B. (2011), Teoretychni ta prykladni aspekty introduktsiyi roslyn v Ukraini [Theoretical and practical aspects of plant introduction in Ukraine], Kiev, Ahrar Media Crup, 398 p.
 24. Rokytova, O. (2010), Enerhetycheskye byotoplyvnye kul'tury: myskantus — za y protyv [Energy Biofuel crops: miscanthus — pro and contra], Mezhdunarodnaya byoenerhetyka [Elektronnyy resurs]: <http://www.infobio.ru/analytics/385.html>
 25. Blyum, Ya.B., Grigoryuk, I.P., Dmytruk, K.V., Dubrovin, V.O., Yemec, A.I., Kaletnik, G.M., Melnichuk, M.D., Mi-

- ronenko, V.G., Rakhmetov, D.B., Sibirniy, A.A. and Cigankov, S.P. (2014), Sistema vykorystannya bioresursiv i novitnikh biotekhnologiya otrymannya alternatyvnykh palyv [System of bioresources usage and modern biotechnology in production of alternatives fuels], Kyiv, Agrar Media Grup, 360 p.
26. Slovar' botanycheskykh terminov [Dictionary of botanical terms] (1984), Pod obshch. red. I.A. Dudky, K.: Nauk. dumka, 308 p.
27. Bauer, S., Sorek, H., Mitchell, V., Ibanez, A., and Wemmer, D. (2012), Characterization of *Miscanthus × giganteus* lignin isolated by ethanol Organosolv process under Reflux condition. Journal Agricultural Food Chemistry, vol. 60, N 3, pp. 8203–8212.
28. Chou, C.H. (2009), *Miscanthus* plants used as an alternative biofuel material: the basic studies on ecology and molecular evolution, Renewable Energy, vol. 34, pp. 1908–1912.
29. Christian, D.G., Riche, A.B. and Yates, N.E. (2008), Growth, yield and mineral content of *Miscanthus × giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests. Industrial crops and products, vol. 28, pp. 320–327.
30. Clifton-Brown, J., Breuer, J. and Jones M. (2007), Carbon Mitigation by the Energy Crop, *Miscanthus*, Global Change Biology, 13, N 11, pp. 296–307.
31. Dahl, J. and Obernberger, J. (2004), Evaluation of the combustion characteristics of four perennial energy crops *Arundo donax*, *Cynara candunculus*, *Miscanthus × giganteus* and *Panicum virgatum*. 2nd World Conference on biomass for energy, Industry and climate protection (10–14 May), Rome, p. 1265–1270.
32. Dale B. and Kim S. (2004), Cumulative Energy and Global Warming Impact from the Production of Biomass for Biobased Products. Journal of Industrial Ecology, vol. 7, N 3-4, p. 147–162.
33. Dondini, M., Hastings, A., Saiz, G., Jones, M. and Smith, P. (2009), The potential of *Miscanthus* to sequester carbon in soils: comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions. Global Change Biology Bioenergy, N 1–6, pp. 413–425.
34. Food and Agricultural Organization of the United Nations (2007), [Elektronnyy resurs]: <http://www.fao.org/docrep-/007/j4504e/j4504e07.htm5>.
35. Global Status Report (2013), [Elektronnyy resurs]. <http://www.unep.org/pdf/GSR2013.pdf>
36. Heaton, E. (2010), Giant *Miscanthus* for Biomass Production, Biomass: miscanthus. AG201, pp. 1–2.
37. Hodgson, E., Nowakowsky, D. and Shield, I. (2011), Variation in *Miscanthus* chemical composition and implications for conversion by pyrolysis and thermochemical bio-refining for feeds and chemical. Biore-source Technology, vol. 102, pp. 3411–3418.
38. Kim, S.B., Yoo, H.J. and Lee, S.J. (2012), Furtural production from *Miscanthus* by on step pyrolysis. International proceedings of Chemical, Biological, Environmental engineering, vol. 28, pp. 166–170.
39. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Scurlock, J. and Huisman, W. (2000), *Miscanthus*: european experience with a novel energy crop. Biomass and Bioenergy, vol. 19, N 4, p. 210.
40. Papatheofanous, M.G., et al. (1996), Characterization of *Miscanthus sinensis* potential as an industrial and energy feedstock, Biomass for Energy and the Environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Oxford: Elsevier, pp. 504–508.
41. Renewables Information (2013 edition) [Elektronnyy resurs]: <http://wds.iea.org/wds/pdf/Documentation-%20for%20Renewables%20Information%202013.pdf>
42. Sorensen, A. (2008), Hydrolysis of *Miscanthus* for bioethanol production using dilute acid presoaking combined with wet explosion pretreatment and enzymatic treatment. Bioresource Technology, vol. 99, pp. 6602–6607.
43. The Plant List (2014), [Elektronnyy resurs]: <http://www.theplantlist.org/>.
44. The handbook of biomass combustion and co-firing (2008), [Ed. by S. van Loo, J. Koppejan], London; Sterling, VA: Earthscan, 464 p.
45. Thelen, K., Gao, J., Withers, K. and Everman, W. (2009), Agronomics of producing Switchgrass and *Miscanthus × giganteus*. Growing the bioeconomic, 40 p.
46. Vranova, V., Kanova, H., Rejsek, K. and Fomanek, P. (2005), Dominant amino acids, organic acids and sugars in water-solution root exudates of C₄ plants: a mini-review. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brnensis, vol. 58, N 5, pp. 441–444.

Рекомендував до друку П.А. Мороз
Надійшла до редакції 05.01.2015 р.

Д.Б. Рахметов, Т.А. Шербакова, С.А. Рахметова

Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко
НАН Украины, Украина, г. Киев

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
РАСТЕНИЯ РОДА *MISCANTHUS* ANDERSS.,
ИНТРОДУЦИРОВАННЫЕ В НАЦИОНАЛЬНОМ
БОТАНИЧЕСКОМ САДУ им. Н.Н. ГРИШКО НАН
УКРАИНЫ

Цель работы — определить наиболее эффективные альтернативные источники биотоплива на основании анализа интродуцентов рода *Miscanthus Anderss.*, которые культивируются в Национальном ботаническом саду им. Н.Н. Гришко НАН Украины, а также интродукционный потенциал растений для создания новых сортов. **Материал и методы.** Предмет исследования — 20 высокопродуктивных видов и форм энергетических растений рода *Miscanthus*, а также адаптивные сорта, созданные на их основе. Полевые опыты закладывали по общепринятым методикам. Изучение фенологических фаз проводили по методике И.М. Бейдеман. Биометрические измерения выполнены по методикам Г.Н. Зайцева и Б.А. Доспехова.

Результаты. В Национальном ботаническом саду им. Н.Н. Гришко НАН Украины в результате многолетней интродукционной и селекционной работы собран ценный генофонд *Miscanthus*, созданы высокопродуктивные сорта (Снигопад, Велетень, Гуливер). Установлено, что вегетация растений завершается у *M. sacchariflorus* (Maxim.) Benth. в фазе цветения—плодоношения, у *M. sinensis* Anderss. — в фазе цветения, а у *M. × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize — в фазе появления метелки (чаще всего — в фазе выхода в трубку). Для растений всех видов и форм *Miscanthus* характерны высокие ростовые показатели. По высоте и длине листка лидером являются растения *Miscanthus × giganteus*, по диаметру стебля, количеству междоузлий на побеге, ширине листковой пластинки — *M. sinensis*. Наименьшие ростовые показатели имеют растения *M. sacchariflorus*. Ростовые показатели были наибольшими в конце вегетации. Наибольшее разнообразие листьев (по размерам, окраске, пестроте и т. п.) присуще формам *M. sinensis*. Определены основные морфологические характеристики метелки (форма, длина, ширина, количество веточек в метелке, их размер и форма и т. д.) разных видов и форм *Miscanthus*. Эти показатели как важные диагностические признаки, были использованы для разработки методик экспертизы на отличие, однородность и стабильность сортов *Miscanthus*. Растения *Miscanthus sacchariflorus* имеют корневищный тип кушения, *M. sinensis* — плотнокустовой, *M. × giganteus* — рыхлокустовой.

Вывод. В результате многолетних исследований доказана перспективность интродукции представителей рода *Miscanthus* в Украину как новых высокопродуктивных энергетических растений.

Ключевые слова: интродукция, энергетические растения, виды и формы рода *Miscanthus*, новые сорта, морфобиология.

D.B. Rakhmetov, T.O. Scherbakova, S.O. Rakhmetova

M.M. Gryshko National Botanical Garden,
National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kyiv

HIGH-POTENTIAL ENERGY PLANTS
OF *MISCANTHUS* ANDERSS. GENUS
INTRODUCED IN M.M. GRYSHKO NATIONAL
BOTANICAL GARDEN OF THE NAS OF UKRAINE

Purpose — to determine the most effective alternative sources of biofuels based on an analysis of introducents of genus *Miscanthus Anderss.*, which are grown in M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine, as well as the introductions potential of plants to create new varieties.

Material and methods. Subject of investigation — 20 high-yield species and forms of energy plants of *Miscanthus* genus and adaptive varieties created on their basis. Field experiments were established in accordance with the existing methods. The study of phenological phases was performed by the I.M. Beydeman method. Biometric measurements were made with reference to the H.M. Zaytseva and B.A. Dosp'yehov' methods.

Results. As a result of many years of introduction and breeding studies in M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine was collected the gene-pool of valuable *Miscanthus* species, and created high-yield varieties (cv. Snihopad, cv. Veleten, cv. Huliver). We found that the growing season of *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth. ends in the flowering—fruiting stage, of *M. sinensis* Anderss. — in the flowering, and of *M. × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize — in the phase of panicle detection (usually in the phase of shoot elongation). All plants of *Miscanthus* species and forms have high growth rates. Among leaf height and length characteristics have dominated plants of *M. × giganteus*, by stem diameter, number of internodes on the shoot, leaf blade width — samples of *M. sinensis*. The lowest growth rates were registered for *M. sacchariflorus* plants. At the end of the growing season compared to the previous period the high growth rates were registered. *M. sinensis* has the greatest heterogeneity of leaves (size, color, diversity, etc.) depending on the structure features of plants. The main morphological characteristics of panicle (the shape, length, width, number of branches in panicles, their size and shape, etc.) of various species and forms of *Miscanthus* are outlined. These factors, as important diagnostic features, were used to develop methods of expertise for differentiation, uniformity and stability of *Miscanthus* varieties. Plants of *M. sacchariflorus* have rhizomatous type of tillering, *M. sinensis* — tuft tillering, *M. × giganteus* — fluff tillering.

Conclusion. As a result of many years of research, high introduction potential of *Miscanthus* species in Ukraine as a new high-yield energy plant is established.

Key words: introduction, energy plants, species and forms of the *Miscanthus* genus, new varieties, morphobiology.