

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ИНТРОДУЦЕНТА МИСКАНТУСА ГИГАНТСКОГО (*MISCANTHUS GIGANTEUS*) В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

ГУЩИНА Вера Александровна, Пензенский государственный аграрный университет
ВОЛОДЬКИН Алексей Анатольевич, Пензенский государственный аграрный университет
ОСТРОБОРОДОВА Наталья Ивановна, Пензенский государственный аграрный университет
АГАПКИН Николай Дмитриевич, Пензенский государственный аграрный университет
ЛЕТУЧИЙ Александр Владимирович, Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова

В условиях лесостепи Среднего Поволжья на светло-серой супесчаной почве проводится работа по интродукции и введению в производство ценной целлюлозосодержащей и энергетической культуры мискантуса гигантского с целью изучения особенностей формирования высокопродуктивных агроценозов в зоне неустойчивого увлажнения в качестве экономически выгодного возобновляемого источника технических ресурсов. Выращивание его возможно на непродуктивных и эрозионно-опасных землях. Выявлены особенности роста и развития растений в зависимости от гидротермических условий, так как осадки в области являются лимитирующим фактором, а потребность мискантуса в них находится в пределах 700 мм в год. Метеорологические условия в годы проведения исследований были различные, наиболее оптимальные сложились в 2013 и 2016 гг. Благоприятные условия в год закладки плантации (2013 г.) способствовали интенсивному развитию мискантуса, и концу вегетационного периода растения достигли высоты 180–190 см. При этом урожайность надземной массы составила 14,0 т/га. После успешной перезимовки урожайность плантации второго года жизни увеличилась в 2,1 раза, третьего – в 2,6 раза по отношению к первому году. Благодаря далеко распространяющейся корневищной корневой системе мискантуса в рядах произошло смыкание растений, междурядья уменьшились в 2 раза. В 2016 гг. в среднем каждое растение сформировало 35 стеблей высотой 207–230 см. Ростковые процессы в этом году протекали более интенсивно, и урожайность сырой массы составила 40 т/га. Внедрение мискантуса гигантского позволит сельскохозяйственным предприятиям расширить культурную флору региона новым биоэнергетическим растением, которое может стать альтернативой природному газу и дровам для домашнего отопления при использовании в виде пеллет (топливных гранул).

Введение. В последние десятилетия происходит постоянный рост цен на невозполнимые источники сырья и энергии, к которым относятся нефть, газ, каменный уголь и др. Причем при их использовании отмечается отрицательное влияние на внешнюю среду (загрязнение воздуха, воды, почвы). Поэтому в настоящее время все большее внимание обращают на возобновляемое сырье, которое имеет ряд экономических и экологических преимуществ перед другими источниками энергии [8, 9].

В сельскохозяйственном производстве Среднего Поволжья видовой состав энергетических растений ограничен. В связи с этим проявляется повышенный интерес к интродукции нетрадиционных культур, обоснованный поиском экономически выгодных источников технических ресурсов, внедрение которых позволило бы создать сырьевую базу для развития биоэнергетики и целлюлозно-бумажной промышленности. Одной из таких культур является травянистое растение семейства Мятликовые – мискантус гигантский (*Miscanthus giganteus*). Он может составить достойную конкуренцию древесине [7] по такому параметру,

как скорость роста биомассы, так как он относится к группе растений продуктивного C_4 -фотосинтеза, что обеспечивает высокую урожайность. При однократной посадке мискантуса корневищами (ризомами) в течение 20–25 лет возможно ежегодное получение 8 т целлюлозы с 1 га в отличие от однократного получения 40 т целлюлозы с 1 га леса в возрасте 70–100 лет [4]. Учитывая высокое содержание целлюлозы и лигнина, мискантус является ценным сырьем в целлюлозно-бумажной промышленности. Кроме того, он используется для производства строительных материалов и в качестве биоэнергетического топлива [10]. Углекислый газ, который освобождается при сжигании биомассы, не превышает количества, ранее адсорбированного растениями во время фотосинтеза, и поэтому не создает парникового эффекта [1].

Интродукция и введение мискантуса гигантского в культуру значительно зависят от природно-климатических условий, особенно в первый год возделывания [5].

Цель – изучение особенностей роста и развития мискантуса гигантского в зависимости от гидротермических условий Среднего Повол-



жья в качестве экономически выгодного возобновляемого источника технических ресурсов.

Методика исследований. Исследования проводили на коллекционном участке ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА». Плантация мискантуса гигантского была заложена 6 мая 2013 г. после ранних зерновых культур на светло-серой супесчаной почве. В пахотном слое содержалось гумуса 2,7 %, легкогидролизуемого азота – 102 мг/кг, подвижного фосфора – 188 мг/кг, обменного калия – 110 мг/кг почвы, рН – 5,7.

Посадку осуществляли корневищами (ризомами) на глубину 8–10 см по схеме 100 × 50 см.

Наблюдения и анализы проводили по общепринятым методикам [6].

Результаты исследований. Через десять дней после посадки отмечали появление всходов, а через месяц – полные всходы. Незначительное количество осадков в этот период (65 % от нормы) повлияло на рост и развитие побегов. Их количество на одно растение не превышало трех, а высота 15–20 см. Осадки второй половины июня (77 мм при норме 26,7 мм) способствовали хорошему развитию побегов, на начало июля из одной ризомы у основной массы растений развилось 4–8 стеблей, хотя 10 % растений имели только один стебель.

От узла кущения, заложенного на глубине 5–7 см, образовалось 5 хорошо развитых надземных побега и 19 мощных проростков диаметром 8–13 мм. Осадки второй половины июля позволили каждому растению сформировать 5–16 опушенных стеблей изумрудного цвета с антоциановой окраской высотой 70–120 см.

Высокие температуры августа и обильные осадки сентября благоприятно отразились на росте и развитии мискантуса. Из каждой ризомы в среднем образовался плотный полураскидистый куст из 23–40 побегов высотой 185–193 см с облиственностью 38 %. Количество листьев на побеге 7–11. Листья располагаются в чередующемся порядке по двум противоположным сторонам стебля, линейные, параллельно-неровные, длиной более 30 см, шириной 14–20 мм. Верхние листья гладкие, окраска светло-зеленая, стеблевые листья изумрудные с четко выраженной по жилке белой полосой, в узлах – яркая антоциановая окраска. Края листа зазубрены, форма кончика – острая, листовая пластинка опушенная [2].

Стебли мискантуса прямостоячие толщиной 9–11 мм, высотой 80–88 см, состоят из междоузлий длиной 12–14 см, разделенных утолщенными стеблевыми узлами. Три сближенных междоузлия находятся в почве. На 1 м² плотность стеблей – 46 шт. Масса надземной части

одного растения 0,9 кг, следовательно, урожайность – 14 т/га. Содержание сухого вещества – 23 %.

При определении структуры куста мискантуса установлено, что в первой декаде октября масса корневищ одного растения в среднем составляла 1,6 кг. Причем хорошо развитых ризом длиной 4–18 см формировалось до 5–7 шт., количество мелких корневищ и почек размером от 0,5 до 3,0 см – 153 шт. Спящие почки имели размер менее 0,5 см, но их количество превышало в 2,1 раза количество глазков размером более 0,5 см. При этом соотношение надземной массы к подземной составило 1:1,8, т.е. в первый год жизни наиболее интенсивно шло развитие корневой системы, что в последующие годы отражается на адаптации растений к условиям произрастания и продуктивности. В середине ноября после установления постоянных заморозков (–3... –5 °С) листья поникли, при этом длина стеблей составила 45–50 см, а их влажность 71 %.

Условия перезимовки (2013–2014 гг.) для растений мискантуса второго года жизни были сложными, т.е. характеризовались как низкими отрицательными, так и положительными температурами при недостаточном снежном покрове. Однако это не повлияло на зимостойкость мискантуса, и в апрельскую оттепель вымокания и выпревания не было отмечено [3].

Возобновление вегетации растений наблюдалось в третьей декаде апреля 2014 г. при среднесуточной температуре +10 °С. Дальнейший рост и развитие растений проходило при благоприятных погодных условиях (среднесуточная температура +11,9 °С); 5 мая было отмечено полное отрастание растений. Через месяц они достигли высоты 110 см, т.е. суточный прирост составил 3,6 см. К сентябрю при высоте растений 220 см урожайность надземной массы равнялась 29 т/га.

При относительно засушливых погодных условиях (ГТК 0,7) растения мискантуса сформировали мощную корневую систему, которая образовала длинные побеги с ростовыми почками, способными быстро колонизировать почвенное пространство в рядах. В этом случае создавалась сплошная и ровная (без кочек) плантация мискантуса с незаросшими междурядьями [3].

Температура в ноябре 2014 г. была на 8,6 °С ниже среднегодовой, в зимние месяцы 2014–2015 гг. – выше на 1,5–6,6 °С. Осадков соответственно выпало в 2,3 раза меньше, а зимой их количество превысило среднегодовые на 5,2–28,6 мм.





На плантации третьего года жизни, заложенной во влажном 2013 г., растения отрастали позже, чем в предыдущие годы, 12 мая 2015 г. Вероятно, это связано с более мощным снежным покровом, который установился в зимний период за счет оставшихся стеблей мискантуса, выполняющих снегозадерживающую роль. Это в свою очередь повысило морозоустойчивость корневищ. В складывающихся условиях растения достигли высоты 385 см за счет 10 междоузлий длиной от 9 до 23 см. Стебель не полегал, т.к. толщина в нижней части достигала 1,5 см, а в верхней трети 0,8–1,0 см. Урожайность биомассы была высокой – 36,4 т/га. Благодаря далеко распространяющейся корневой системе в рядах произошло смыкание растений, междурядья уменьшились в 2 раза. Это позволяет предположить, что мискантус можно выращивать на эрозионно-опасных участках.

После успешной перезимовки отрастание растений четвертого года жизни отмечали 20 апреля, т.к. в этом месяце установилась температура выше среднемноголетней на 4,5 °С. В 2016 г. за период вегетации сумма активных температур была выше на 260 °С, чем в предыдущем, а осадков выпало на 144 мм больше. Однако распределялись они неравномерно. Период от начала отрастания до 30 апреля характеризовался как достаточно увлажненный (ГТК 1,21).

Рост и развитие мискантуса в мае протекали при обильных осадках, основная часть которых приходилась на вторую и третью декады месяца. Их количество превышало среднемноголетние на 18,0 и 26,0 мм соответственно (ГТК 1,79). В относительно засушливых условиях июня (ГТК 0,4) высота растений мискантуса равнялась 113–144 см.

Существенную роль в накоплении урожая надземной массы мискантуса сыграли осадки третьей декады июля. За этот период высота растений увеличилась на 35,0–76,0 см по сравнению с предыдущим месяцем. Установившаяся среднесуточная температура 21,3 °С превышала норму на 1,6 °С.

При высокой температуре и дефиците осадков в августе 2016 г. (ГТК 0,36) рост мискантуса замедлился, и в конце месяца высота растений составила 207–230 см, а среднее количество стеблей, приходившиеся на одно растение, – 35 шт.

Избыточное увлажнение в сентябре (ГТК 2,86) и среднемесячная температура 11,4 °С практически не оказали влияния на увеличение высоты растений. В этот период в среднем

по опыту она возросла всего на 3,3 см, а количество побегов не изменилось.

Погодные условия 2016 г. оказались более благоприятными для роста и развития мискантуса гигантского, что позволило ему сформировать мощную надземную массу, так как осадки, выпавшие за вегетацию растений, на 67,2 мм превышали среднемноголетние. В результате к периоду уборки в среднем на каждом побеге сформировалось 12–16 междоузлий, причем длина верхних четырех составляла 0,7–9,5 см, самыми длинными (25,5–31,3 см) были пять нижних, длина следующих не превышала 12,5–18,0 см. Подземных междоузлий было 5–6 шт.

В условиях 2016 г., характеризующихся достаточным увлажнением (ГТК 1,17), ростовые процессы протекали более интенсивно, и урожайность сырой массы в среднем по опыту составила 40 т/га.

В результате четырехлетних наблюдений за мискантусом установлено, что растения в условиях Пензенской области не образуют соцветий, а следовательно, и семян. Поэтому его размножение происходит исключительно вегетативным путем – ризомами (корневищами), которые формируются в соответствии с развитием надземной массы. После определения структуры корневищ мискантуса первого года жизни установлено, что каждому надземному побегу соответствуют две-три хорошо развитые ризомы длиной от 5 до 10 см с явно выраженными почками возобновления (3–5 шт).

Заключение. При интродукции мискантуса гигантского на низкоплодородной почве в условиях неустойчивого увлажнения лесостепи Среднего Поволжья выявлено, что он достаточно устойчив к неблагоприятным условиям среды, характеризуется повышенной эффективностью использования влаги и высокой зимостойкостью.

Для хорошего развития растений первого года жизни в течение вегетационного периода необходимо как минимум 170–220 мм осадков с суммой активных температур 2297–2383 °С. Благоприятные погодные условия в год закладки плантации способствовали формированию мощно развитых растений с урожайностью 14 т/га сырой надземной массы. Относясь к группе растений продуктивного C_4 -фотосинтеза, мискантус обеспечивает урожайность до 40 т/га на плантации 4-го года жизни.

Можно предположить, что выращивание мискантуса гигантского позволит частично сократить потребление невозполнимого запаса природной нефти и снизить выделение канцерогенных продуктов сгорания в атмосферу.

1. *Борисова Е.Н.* Динамика роста и развития мискантуса гигантского первого года жизни // Энергосберегающие технологии в ландшафтном земледелии: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2015. – С. 204–207.
2. *Гущина В.А.* Мискантус гигантский – интродуцируемая техническая культура в Среднем Поволжье // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. материалов II Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2014. – С. 49–51.
3. *Гущина В.А., Агапкин Н.Д., Захарова А.В.* Проблема интродукции мискантуса в условиях неустойчивого увлажнения // Проблемы и мониторинг природных экосистем: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2015. – С. 52–54.
4. *Гущина В.А., Агапкин Н.Д., Борисова Е.Н.* Адаптация мискантуса гигантского первого года жизни к условиям Среднего Поволжья // Проблемы и мониторинг природных экосистем: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2016. – С. 14–18.
5. Директива 2001/77 / ЕС европейского парламента и Совета от 27 сентября 2001 года. О поощрении электроэнергии, произведённой из возобновляемых источников энергии на внутреннем рынке электроэнергии. – Режим доступа: esco.agency.ru/library/directive_2001_77...
6. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
7. *Зинченко В.А., Яшин М.* Энергия мискантуса // Леспроминформ. – 2011. – № 6 (80). – С. 134–140.
8. Новейшие технологии биоэнерго-конверсии / Я.Б. Блум [и др.]. – К.: Аграр Медиа Групп, 2010. – 326 с.

9. *Уколова Н.В., Новиков Н.А.* Направления государственной поддержки развития рынка биотоплива в России // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 6. – С. 97–100.

10. *Шумный В.К.* Новая форма мискантуса китайского (веерника китайского *Miscanthus sinensis* Anders.) как перспективный источник целлюлозо-содержащего сырья // Вестник ВОГиС. – 2010. – Т. 14. – № 1. – С. 122–126.

Гущина Вера Александровна, д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Растениеводство и лесное хозяйство», Пензенский государственный аграрный университет. Россия.

Володькин Алексей Анатольевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Растениеводство и лесное хозяйство», Пензенский государственный аграрный университет. Россия.

Остробородова Наталья Ивановна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Растениеводство и лесное хозяйство», Пензенский государственный аграрный университет. Россия.

Агапкин Николай Дмитриевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Растениеводство и лесное хозяйство», Пензенский государственный аграрный университет. Россия.

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

Тел.: (8412) 62-81-34; rast.pgsha@yandex.ru.

Легучий Александр Владимирович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8452) 26-27-53.

Ключевые слова: интродукция растений; мискантус гигантский; условия выращивания; ризомы; урожайность; неустойчивое увлажнение; структура куста.

PECULIARITIES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF INTRODUCTION OF MISCANTHUS GI-GANTEUS IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEP ZONE IN MIDDLE VOLGA

Gushina Vera Aleksandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the chair "Crop Production and Forestry", Penza State Agrarian University. Russia.

Volodkin Aleksey Anatolyevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the chair "Crop Production and Forestry", Penza State Agrarian University. Russia.

Ostroborodova Natalya Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the chair "Crop Production and Forestry", Penza State Agrarian University. Russia.

Agapkin Nikolay Dmitrievich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the chair "Crop Production and Forestry", Penza State Agrarian University. Russia.

Letuchiy Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Agriculture, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: introduction of plants; *Miscanthus Giganteus*; growing conditions; rhizomes; productivity; unstable moistening; structure of the bush.

*In the conditions of the forest-steppe zone of Middle Volga on light-gray sandy loam soils, it is carried out work to introduce into the production valuable cellulose-containing and energy culture of *Miscanthus Giganteus* in order to study the features of the formation of highly productive agrocenoses in the zone of unstable moistening as an eco-*

*nomically bene-ficial renewable source of technical resources. Its cultivation is possible on unproductive and erosion-hazardous lands. The peculiarities of plant growth and development are re-vealed depending on hydrothermal conditions, since precipitation in the region is a limiting factor, and the need of *Miscanthus* in them is in the range of 700 mm per year. Meteorological conditions during the years of research were different and the most optimal ones were in 2013 and 2016. Favorable conditions in the year of plantation (2013) contributed to the intensive development of the *Miscanthus*, and at the end of the growing season the plants reached a height of 180-190 cm. The yield of the above-ground mass was 14.0 t/ha. After wintering, the yield of the plantation of the second year of life increased by 2.1 times, of the third - by 2.6 times in relation to the first year. Due to the far spreading rhizome root system of the *Miscanthus*, the clamping of plants in the rows occurred, the rows between rows decreased by a factor of 2. In 2016 years, on average, each plant formed 35 stems with a height of 207-230 cm. In 2016 growth processes were more intensive, and the yield of the wet weight was 40 t/ha. The introduction of the *Miscanthus Giganteus* will allow agricultural enterprises to expand the cultural flora of the region with a new bioenergetic plant, which can become an alternative to natural gas and wood for home heating when used in the form of pellets (fuel pellets).*

