

НОВАЯ ФОРМА МИСКАНТУСА КИТАЙСКОГО (ВЕЕРНИКА КИТАЙСКОГО *MISCANTHUS SINENSIS* ANDERS.) КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

**В.К. Шумный, С.Г. Вепрев, Н.Н. Нечипоренко, Т.Н. Горячкова,
Н.М. Слынько, Н.А. Колчанов, С.Е. Пельтек**

Учреждение Российской академии наук Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: peltek@bionet.nsc.ru

Интродуцирована в условиях Западной Сибири дальневосточная популяция мискантуса китайского (*Miscanthus sinensis* Andersson). Выделена форма с измененной структурой корневой системы, образующая длинные побеги с ротовыми почками, которая быстро колонизирует почвенное пространство, создавая сплошную и ровную (без кочек) плантацию мискантуса. Показано, что используя обычные агротехнологии, можно получать 10–15 тонн сухой биомассы с гектара в год с содержанием высококачественной целлюлозы около 40 %.

Ключевые слова: целлюлоза, лигнин, биомасса, целлюлозосодержащее сырье, мискантус китайский, вегетативное размножение растений.

В настоящее время промышленное значение имеют лишь два источника целлюлозы – хлопок и древесная биомасса. Хлопок представляет собой почти чистую целлюлозу и не требует сложной обработки. Древесная масса содержит 40–44 % целлюлозы ([/www.chemport.ru/chemical_encyclopedia](http://www.chemport.ru/chemical_encyclopedia)). В качестве альтернативного целлюлозосодержащего сырья могут использоваться растения с относительно низким содержанием лигнина, в которых основная масса структурных элементов представлена целлюлозой. Введение в культуру видов растений, дающих высокие урожаи биомассы с высоким содержанием целлюлозы, выращиваемых традиционными методами сельского хозяйства, может оказаться весьма перспективным способом вовлечения новых источников высококачественной целлюлозы для многоцелевого использования. В мире проводятся исследования по оценке богатых целлюлозой растений как перспективных источников сырья для химической промышленности и производства энергии (Heaton *et al.*, 2008).

В базе данных IENICA (Interactive European Network for Industrial Crops and their Appli-

cation) – CROPS DATABASE (www.ienica.net/cropsdatabase.htm) находятся сведения о более чем 90 родах и видах растений, которые являются перспективными и активно изучаются как источники сырья для химической и топливно-энергетической промышленности. Все это травянистые растения, пригодные для возделывания традиционными методами сельскохозяйственного производства. Повышенное внимание к такому типу растений вполне оправданно, так как большинство из них размножаются семенами, могут возделываться в традиционных сельскохозяйственных регионах и обладают высокой скоростью накопления целлюлозосодержащей биомассы в стеблях. Среди них всем известные виды: пшеница, овес, кукуруза, крапива, конопля, подсолнечник, лен и т. д. В последнее время список видов-кандидатов активно пополняется.

Одним из нетрадиционных видов является *Miscanthus sinensis* (Andersson) – мискантус китайский или Веерник китайский. В англоязычной литературе его заслуженно называют elephant grass. Растения действительно гигантские, до 3 м высотой. Мискантус – род

многолетних травянистых растений семейства мятликовых. К роду *Miscanthus* относят более 20 видов, распространенных от тропической и Южной Африки до Восточной и Юго-Восточной Азии. В России на Дальнем Востоке встречается 3 вида: мискантус сахароцветковый (*Miscanthus sacchariflorus*), мискантус краснеющий (*Miscanthus purpurascens*), мискантус китайский (*Miscanthus sinensis*) (Открытый иллюстрированный атлас ..., <http://www.plantarium.ru/page/view/item/41884.html>).

Систематика рода не устоявшаяся и постоянно подвергается пересмотру. Определение хромосомных чисел у различных видов не упрощает ситуации: 4 вида из 14 изученных представляют собой анизоплоидные популяции (смесь растений различной плоидности, вероятно, от диплоидов – 38 хромосом, до гексаплоидов – 114 хромосом), у 3 видов зафиксировано различное число хромосом в соматических клетках, в том числе у *Miscanthus sinensis* (Andersson): 35, 36, 38, 40, 41, 42, 57 (Хромосомные числа ..., 1969).

В настоящее время мискантус китайский (Веерник китайский) получил широкое распространение как декоративное растение. Создано множество форм и сортов, некоторые из них достаточно экзотичны, например, формы с полосатыми листьями. В большинстве случаев мискантус привлекателен как элемент живых изгородей, а его метелка – как элемент зимних букетов. Веерник китайский в связи с хорошей урожайностью сухой биомассы, засухоустойчивостью и зимостойкостью активно рассматривается как сырьевой источник целлюлозы. Действительно, по данным IENICA – CROPS DATABASE (вероятно, для формы *giganteus*, используемой в Европе), его продуктивность составляет 11,7–25,3 т сухой биомассы с гектара в год. В Дании зафиксирован сбор 44 т сухой биомассы/га/год. Результаты определения химического состава подтверждают содержание целлюлозы в пределах 44 %, лигнина 17 %, гемицеллюлозы 24 % (www.ienica.net/cropsdatabase.htm, Dohleman, Long, 2009).

Размножение и выращивание мискантуса. Общие принципы размножения и выращивания мискантуса в настоящее время хорошо разработаны для условий Европы и США. Существующие формы мискантуса китайского семян не

завязывают и их размножение возможно только корневищами. Корневища достаточно короткие (5–10 см), образуются в течение вегетации, зимуют, а весной дают новые побеги. В результате происходит медленная колонизация пространства с образованием сильно разросшихся кочек. Рассадку проводят весной отдельными короткими корневищами, обычно размещая их рядами с широкими междурядьями (60–75 см). Мискантус нетребователен к почвам, но на плантации необходимо внесение полной нормы минеральных удобрений. Максимальная продуктивность посадок достигается на 3–4-й год, после чего ежегодный урожай биомассы сохраняется до 15–20 лет (www.ienica.net/cropsdatabase.htm).

Новая форма, мискантуса китайского (*Miscanthus sinensis*). Перспективность вида как источника целлюлозы стимулировала поиск новых форм, подходящих к агропромышленным технологиям в условиях Западной Сибири.

Более 10 лет тому назад экспедиция Института цитологии и генетики СО РАН, работавшая на Дальнем Востоке по заданию академика В.К. Шумного (группа В.А. Годовиковой) при участии известного ботаника из ДВО РАН академика П.Г. Горового, исследовала популяции растений мискантуса китайского на побережье Тихого океана. Первые образцы этих популяций были привезены в г. Новосибирск, размножены, и в Институте цитологии и генетики СО РАН начались популяционно-генетические и селекционные исследования этого вида и пополнение коллекции дальневосточных образцов. В результате выделена необычная форма с очень длинными корневищами, которые быстро колонизируют почвенное пространство, и создается сплошная ровная плантация мискантуса. При укладке таких длинных корневищ в борозды с междурядьями 60 см на третий год плантация мискантуса представляла собой сплошные заросли растений высотой 2–2,5 м (рис. 1). В последующие годы плотность стеблей стабилизировалась на уровне 200–220 на м². Корневища образовали в почве на глубине 5–20 см сплошную сеть, их длина составила 60–65 м/м². Дальнейшее изучение образования корневищ показало, что за сезон они вырастают до метра и более, кроме того, вдоль них закладываются почки, которые и обеспечивают сплошное отрастание новых побегов. Такой способ раз-



Рис. 1. Июньские всходы мискантуса после посадки во второй половине мая, слева; 8-летняя плантация мискантуса в августе, справа, Новосибирск, 2008.

множения позволяет существенно упростить рассадку растений: во-первых, корневища легко отделить друг от друга; во-вторых, они легко укладываются в борозды сплошной лентой.

Для анализа продуктивности опытных плантаций проводили пробные укосы. Выход соломы составил в среднем по годам 10–15 т с гектара. Солома хорошего качества, с содержанием целлюлозы, пригодной для многоцелевого использования, около 40 %. Полученные нами показатели сравнимы с данными из IENICA – CROPS DATABASE для европейских форм мискантуса (см. выше), но они получены для условий юга Западной Сибири при более коротком вегетационном периоде и перезимовках в резко континентальном климате. Кроме того, плантация со сплошным размещением растений позволяет проведение агротехнических мероприятий только в ранневесенний период (май) – внесение удобрений с последующим поверхностным рыхлением почвы.

Изучение биологии новой формы мискантуса показало, что возможно создание агропромышленной технологии производства целлюлозосодержащего сырья как альтернативного источника целлюлозы многоцелевого назначения. Ясно, что необходимо сделать оценку эффективности агропромышленного способа производства целлюлозосодержащего сырья сравнительно с традиционной вырубкой лесов.

Эффективность агропромышленной технологии производства целлюлозы. Нами показано, что новая форма мискантуса китайского и

предложенная технология ее выращивания способна в условиях Западной Сибири дать урожай сухой биомассы (целлюлозосодержащее сырье) на уровне 10–15 т/га/год. Для формирования многолетней устойчиво функционирующей плантации (на 15–20 лет) необходимо 2–3 года. Лесные массивы накапливают биомассу десятилетиями, 100–140 лет – это нормальный возраст спелого леса. Легко сравнить эффективность накопления сухой биомассы лесами разных пород и при агропромышленном выращивании мискантуса как технической культуры (см. рис. 2).

Эффективность накопления сухой биомассы плантацией мискантуса рассчитана для 20-летнего цикла, причем скашивание начинается со второго года после посадки и производится ежегодно. После 20 лет вегетации плантация уничтожается и закладывается новая. Расчет сделан исходя из минимальной продуктивности мискантуса в условиях Западной Сибири (10 т/га/год), начиная с третьего года существования плантации. Продуктивность плантации второго года принята 5 т/га/год. Таким образом, за 20 лет продуктивность плантации мискантуса составит 185 т с гектара.

Плантации мискантуса существенно превосходят по эффективности накопления биомассы лучшие леса умеренной зоны Евразии (рис. 2). Можно рассчитать среднегодовой прирост биомассы по принятой нами схеме возделывания мискантуса в сравнении со справочными данными для лесов Ia бонитета (Справочник ..., 1954) (табл.).

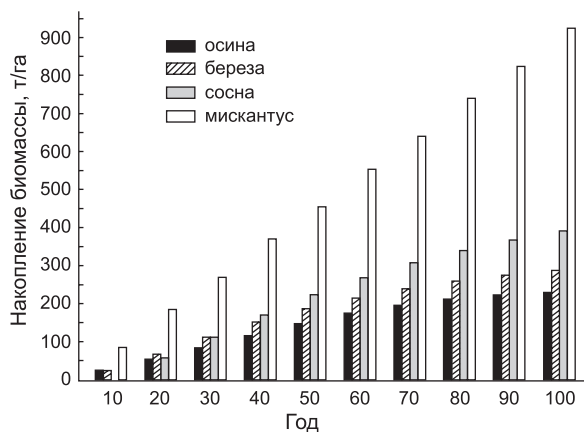


Рис. 2. Накопление биомассы при производстве мискантуса в сравнении с основными древесными породами Iа бонитета.

Расчеты продуктивности лесных пород взяты для лесов Iа бонитета, т. е. самых лучших (Справочник ..., 1954).

Период в 100 лет соответствует 5 полным агротехническим циклам мискантуса.

В целом по России средний запас древесной биомассы на 1 га в спелых и перестойных лесах, возможных для эксплуатации, колеблется от 75 т до 175 т, но следует учесть, что более половины всех лесов России произрастает на вечномёрзлотных почвах Сибири и Дальнего Востока. Это обуславливает их низкую продуктивность. Лишь 55 % площади этих лесов представляют интерес для эксплуатации. Из этих 55 % многие лесные массивы отдаленны и труднодоступны (Леса ..., 2005). В социальном плане агропромышленная технология производства целлюлозосодержащего сырья имеет несомненные преимущества.

Мискантус является технической культурой, и отводить под его плантации плодородные пахотные земли нет необходимости. Нетребовательность к почвам – его безусловное преимущество. Только в Новосибирской области из севооборота за последние годы выведено более 1 млн га. Эти земли не оправдывают себя при возделывании на них зерновых культур. При наличии минеральных удобрений на них с успехом можно развернуть производство культуры мискантуса.

Таким образом, можно сделать вывод о перспективности организации агропромышленного производства целлюлозосодержащего сырья на

Таблица

Среднегодовой прирост биомассы при производстве мискантуса и в лесах Iа бонитета

Мискантус, т/га	Сосна, т/га	Береза, т/га	Осина, т/га	Среднее по России, т/га*
9,3	3,6	3,4	2,7	0,6

* Ежегодный средний прирост древесины в лесах России, покрытых лесной растительностью (Леса ..., 2005).

основе технологии выращивания технической культуры мискантуса китайского как дополнительного источника высококачественной целлюлозы. Несомненно, что набор подобных технических культур должен расширяться. Необходимы поиск и изучение нетрадиционных для земледелия видов с целью разработки технологий их выращивания и переработки.

Проведенные в условиях Новосибирской области исследования популяции мискантуса китайского позволяют сделать следующие выводы.

1. Популяция обладает высокой зимостойкостью в условиях Западной Сибири в отличие от видов мискантуса, используемых в европейских странах.

2. Мискантус китайский является многолетним злаком и начиная с третьего года культивирования может ежегодно на протяжении 20 лет продуцировать на одном поле до 10–15 т/га сухой биомассы, что соответствует 4–6 т/га чистой целлюлозы высокого качества.

Благодарности

Работа выполнена в рамках междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 73.

Литература

- [/www.chemport.ru/chemical_encyclopedia](http://www.chemport.ru/chemical_encyclopedia).
 IENICA (Interactive European Network for Industrial Crops and their Application) – CROPS DATABASE [www.ienica.net/cropsdatabase.htm]
 Heaton E.A., Dohleman F.G., Long S.P. Meeting US bio-fuel goals with less land: the potential of Miscanthus // *Global Change Biol.* 2008. V. 14. P. 2000–2014.
 Хромосомные числа цветковых растений / Под ред. А.А. Федорова. АН СССР. Ботанический ин-т им.

В.Л.Комарова. Л.: Наука, 1969. С. 541.
Dohleman F.G., Long S.P. More productive than maize
in the midwest: how does miscanthus do it? // Plant
Physiol. 2009. V. 150. № 4. P. 2104–2115.

Справочник работника лесного хозяйства. Минск:
Изд-во АН БССР, 1954. С. 468–509.
Леса России 2005 // Рос. лесная газета. 2006. Март.
№ 8/10. С. 138–140.

**A NEW VARIETY OF CHINESE SILVER GRASS
(*MISCANTHUS SINENSIS* ANDERS.) IS A PROMISING SOURCE
OF CELLULOSIC MATERIAL**

**V.K. Shumny, S.G.Veprev, N.N. Nechiporenko, T.N. Goryachkovskaya,
N.M. Slynko, N.A. Kolchanov, S.E. Peltek**

Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia,
e-mail: peltek@bionet.nsc.ru

Summary

The Far East population of Chinese silver grass (*Miscanthus sinensis* Anders.) was introduced in West Siberia. A variety with altered root system structure was isolated that formed long shoots with leader buds. This variety rapidly colonizes soil to form contiguous and even bed without tussocks. With common agricultural operations, the yield of dry biomass containing about 40 % cellulose is 10–15 t/ha dry mass.

Key words: cellulose, lignin, biomass, cellulosic biomass, *Miscanthus sinensis*, vegetative reproduction of plants.