

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ МИСКАНТУСА  
ПОД ПОКРОВОМ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

## EVALUATION OF MISCANTHUS GROWING POSSIBILITY UNDER A COVER OF CEREAL CROPS

**Ключевые слова:** мискантус, ячмень, овес, беспокровный и подпокровный способы выращивания, засоренность, фитоценоз, норма посадки, технология выращивания, корневище, продуктивность, лесостепь Новосибирского Приобья.

В условиях Сибири Институтом цитологии и генетики СО РАН был выведен и внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2013 г. сорт мискантуса Сорановский. Данное растение является ценной технической культурой, способной быть источником экономически выгодного сырья для производства целлюлозы и продуктов ее химической модификации, в т.ч. нитратов целлюлозы, являющихся основой для ряда продуктов гражданского и оборонного назначения. Одной из генетико-морфологических особенностей данного вида растений (*M. Sacchariflorus*) является отсутствие возможности размножения семенами. В связи с этим в СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН ведется разработка технологии вегетативного размножения культуры. В рамках данного НИР осуществляется испытание разных способов выращивания, в т.ч. оценивается возможность формирования посадок мискантуса под покровными культурами в его первый год жизни. Исследования проводились в лесостепи Новосибирского Приобья на территории Новосибирской области в 2016 и 2017 гг. на серых лесных почвах. Цель работы заключалась в оценке влияния нормы высадки корневищ и покровной культуры на продуктивность травостоя мискантуса. Установлено, что выращивание мискантуса 1-го года жизни под покровом зерновых культур на семена существенно снижает сбор сухой массы с плантаций 2-го года жизни на 49-53% в сравнении с беспокровным способом. Оптимальный травостой формируется под покровом как овса, так и ячменя, при использовании максимальной нормы высадки посадоч-

ного материала, обеспечивая прибавку сухой биомассы на уровне 15-34%.

**Keywords:** *miscanthus, barley, oats, coverless and covered growing techniques, weed infestation, phytocenosis, planting rate, growing technology, rhizome, productivity, forest-steppe of the Novosibirsk Region's Ob River area.*

Under the conditions of Siberia, the staff of the Institute of Cytology and Genetics (ICG), Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, has developed a new variety of miscanthus – Soranovskiy variety which was registered in the State Register of Selection Achievements in 2013. This plant is a valuable technical crop that may be a source of cost effective raw materials for cellulose and its chemical modification products including cellulose nitrates that may be used in civilian and military products. One of the genetic and morphological features of this plant species (*M. Sacchariflorus*) is the impossibility of cultivation by seeds. The technology of vegetative cultivation of this crop is developed by the Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding (ICG Branch) at present. As part of this research, testing of various cultivation techniques is carried out including miscanthus growing under a cover of cereal crops during its first year of life. The research was carried out in the forest-steppe zone of the Novosibirsk Region in 2016 and 2017. The research goal was to evaluate the influence of rhizome planting rate and cover crop sowing rate on miscanthus stand productivity. Growing miscanthus of the 1st year under a cover of cereal crops significantly reduces the dry herbage yield of the 2nd year plantation by 49-53% as compared to the technique without cover. The most optimal grass stand density of miscanthus is formed at the maximum rhizome planting rate grown under a cover of oats and barley increasing dry herbage yield of 15-34%.

**Поцелуев Олег Михайлович**, к.с.-х.н., зав. сектором интродукции и технологий возделывания с.-х. культур, Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал, Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирская обл. E-mail: 333oleg@inbox.ru.

**Капустянчик Светлана Юрьевна**, к.б.н., с.н.с., сектор интродукции и технологий возделывания с.-х. культур, Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал, Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирская обл. E-mail: kapustjanchiksv@mail.ru.

**Potseluyev Oleg Mikhaylovich**, Cand. Agr. Sci., Head, Crop Introduction and Cultivation Technology Sector, Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding – Branch, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. E-mail: 333oleg@inbox.ru.

**Kapustyanchik Svetlana Yuryevna**, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Crop Introduction and Cultivation Technology Sector, Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding – Branch, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region.

## Введение

На сегодняшний день основным источником целлюлозы в мире считается древесина, в основном хвойных пород деревьев. С целью сбережения лесного богатства исследователи всего мира обращают внимание на недревесные растения. Одним из новых промышленно значимых растений такого плана является мискантус, набирающий в последнее время мировую популярность [1]. 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, род *Miscanthus* представлен тремя видами: мискантус сахароцветный (*Miscanthus sacchariflorus*), мискантус краснеющий (*Miscanthus purpurascens*), мискантус китайский (*Miscanthus sinensis*) [2]. Это растение считается перспективным источником целлюлозосодержащего сырья для производства целлюлозы и продуктов ее химической модификации, в т.ч. её нитратов, являющихся основой для ряда продуктов гражданского и оборонного назначения. Может использоваться в качестве возобновляемого источника топлива и производства композитных материалов (кевлара, заменителей дерева и пластмасс) [3-5].

Сотрудниками ИЦиГ СО РАН в результате популяционно-генетических и селекционных исследований мискантуса, полученного в результате экспедиции на Дальний Восток, был выведен сорт Сорановский. Методами фенотипирования и анализа ДНК новая техническая культура отнесена к виду *Miscanthus sacchariflorus* [6, 7]. Программа исследований, существующая в СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН, включает раздел по разработке технологии выращивания мискантуса Сорановский применительно к условиям лесостепи Новосибирского Приобья. Существует много способов возделывания многолетних травянистых растений, однако в нашем случае генетические особенности культуры, исключая возможность генеративного размножения, требуют поиска нестандартных вариантов решения задачи. В частности, известного в кормопроизводстве спо-

соба подпокровного выращивания многолетних трав. Принято считать, что лучшим сроком посева является летний, когда используется беспокровный способ посева. Покровный способ, как правило, применяется при посеве семян трав в весенний период, когда долго прорастающие семена многолетних культур испытывают сильное угнетение со стороны быстрорастущих сорных растений. Таким способом принято возделывать донник, эспарцет, люцерну, кострец и прочие травянистые растения [8, 9]. Подсеваемые растения уже в первый год могут дать достаточно большой объем биомассы после уборки покровной культуры (в основном зерновые), либо могут сформировать достаточный запас питательных веществ для гарантированной перезимовки и уже на следующую год дать высокий урожай. Рассматриваемый прием позволяет повысить экономическую эффективность использования пашни в кормовом севообороте.

**Целью** исследований было оценить влияние нормы высадки корневищ и покровной культуры на продуктивность мискантуса.

Цели соответствовали следующие **задачи**: выявить оптимальную норму высадки корневищ под покровными культурами и оценить влияние различных покровных культур на развитие мискантуса.

## Объекты и методы

Объектом является мискантус. Почва опытного участка серая лесная. Мощность гумусового горизонта 30-35 см, содержание гумуса 3,14%.

Вариант мискантуса под покровом зерновых был заложен в 2016 г. в ранний срок (4 мая) с последующим посевом овса и ячменя по половинной части яруса. Контроль – беспокровная посадка растений. Мискантус высаживался в трех вариантах нормы посадки: 0,39; 0,77; 1,01 т корневищ на 1 га. Повторность опыта четырёхкратная, размещение вариантов систематическое, способ посадки широкорядный (через 70 см), посадочная площадь делянки 35 м<sup>2</sup> (3,5x10 м). Агротехника в опыте зональная, близкая к технологии посадки картофеля (нарезка борозд, укладка посадочного материала, закрывание и прикатывание). Посадка в ручную. Посев покровной культуры проводился

сеялкой СН-16, вслед после посадки мискантуса, поперек рядков, обычным рядовым способом. Норма высева овса 3, ячменя – 5 млн всх. зерен на 1 га. Проведение исследований и оценка результатов опытов проводились согласно общепринятым методикам [10, 11].

### Результаты и их обсуждение

Проведенные наблюдения за фенологическим развитием культуры показали задержку укоренения и прорастание побегов мискантуса на 6 дней при подпокровном возделывании, что, вероятнее всего, связано с существенной разницей в запасах почвенной продуктивной влаги, отмеченной в момент учета. При беспокровном способе ЗППВ в метровом слое составляли 132,2 мм, под покровом ячменя – 89,5 мм. Отмеченная разница во влагообеспеченности обуславливается активным водопотреблением покровной культуры, находившейся в фазе кущения. При этом отмечено снижение температуры почвы на глубине 0-25 см в травостое зерновой культуры на 3,2°C в сравнении беспокровным вариантом (27,7°C). Оценка засоренности посадок показала преимущество подпокровного способа выращивания. К моменту учета сорняков в монопосадках мискантуса их количество составляло 39 шт/м<sup>2</sup>, под покровом зерновых без использования гербицидов не превышало 10 шт/м<sup>2</sup>, часть из которых выпало из ценоза к моменту уборки благодаря интенсивному развитию покровной культуры.

К моменту созревания растений зернового компонента вегетативные побеги мискантуса стали четко прослеживались в посевах (рис. 1). Сравнительно лучше просматривались растения мискантуса на делянках с максимальной нормой посадки, количество которых варьировало от 2,3 до 5,7 шт/м<sup>2</sup>, что сопоставимо с лучшими показателями на варианте без покрова. Высота растений мискантуса перед уборкой ячменя в среднем составляла 68 см, что на 44-46 см ниже, чем в беспокровных посадках. При уборке овса средняя высота растений отмечена на уровне 72 см. В обоих случаях варианта покровной культуры наблюдалось отсутствие фазы кущения растений

мискантуса, отмеченной повсеместно на беспокровных посадках. Такое поведение растений закономерно, в связи с естественной конкуренцией за свет с растениями покровной культуры. Вегетативные побеги имели от 5 до 7 листьев к моменту уборки зернового компонента, что в два раза меньше, чем на варианте с монопосадкой (10-12 шт.).



Рис. 1. Мискантус в посевах ячменя

Присутствие зеленых вегетирующих растений мискантуса не отразилось на влажностях зерна. У семян ячменя и овса данный показатель составил 12,6 и 13,2% соответственно. Урожайность при отмеченной влажности семян составила: ячмень – 2,1 т/га, овес – 3,3 т/га.

Отрастание многолетней культуры после уборки зернового компонента отмечено через 7 дней (рис. 2). В основе своей отрастание побегов происходило из оставшегося междоузлия, ниже уровня среза жаткой комбайна, высота которого варьировала в пределах 7-8 см. Первичные наблюдения показывают, что для выращивания мискантуса таким способом покровную культуру следует убирать на высоком срезе (не ниже 10 см), как это принято, например, на доннике [9]. К концу вегетационного периода на делянках с использованием покрова ячменя наблюдалось лучшее в сравнении с овсом развитие растений, высота которых достигала 25-30 см, что, прежде всего, объясняется несколько ранним скашиванием и более осветленным ценозом, сформировавшимся при посеве с ячменем.



**Рис. 2. Отросший мискантус на 21-й день после уборки ячменя**

Выкопка отдельных растений мискантуса в середине сентября показала слабое развитие корневищ, новые ответвления которого начали формироваться только после уборки покровной культуры.

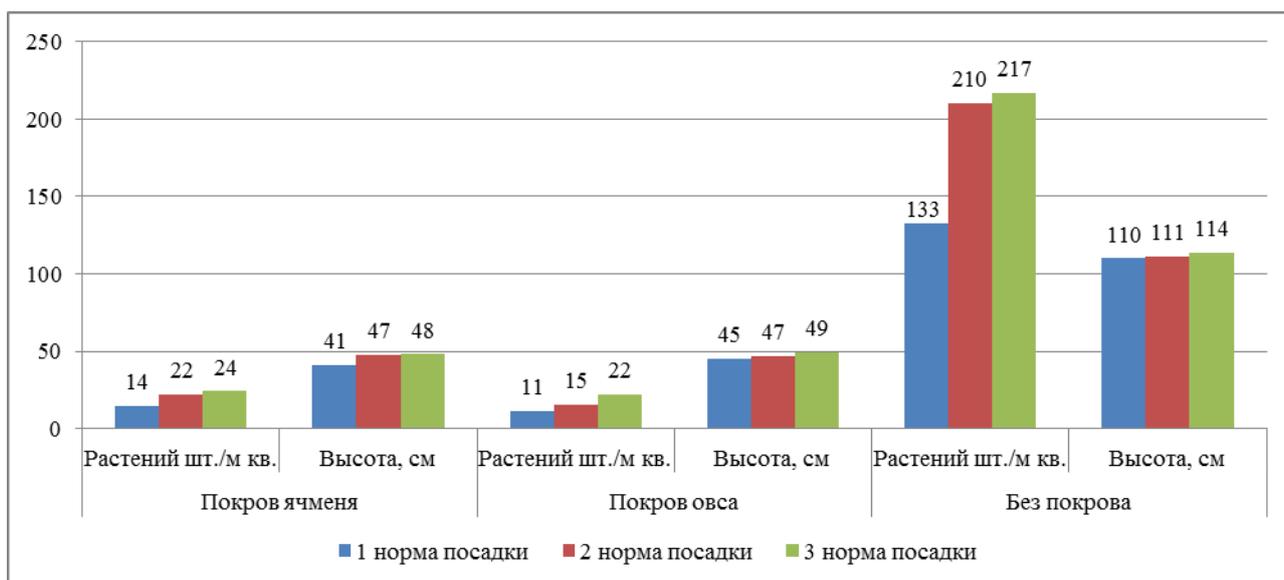
В 2017 г. отрастание и развитие растений, произраставших под покровом зерновых в 2016 г., было схожим с посадками, заложенными в 2017 г. При этом с весны были получены дружные всходы и ровные рядки культуры, удобные для проведения междурядной обработки.

Учет густоты стеблестоя, проведенный 27 июня, показал различное влияние покровных культур на мискантус (рис. 3). Согласно анализу факторных средних по НСР<sub>05</sub>, покров ячменя в

период вегетации 2016 г. обеспечил лучшие условия для формирования густоты стеблей мискантуса при весеннем отрастании 2017 г. Также лучшие показатели формируются при максимальной норме посадки, вне зависимости от вида покровной культуры. Сравнение с беспокровным способом выращивания показало значительное преимущество возделывания мискантуса без подсева зерновых. Отмечена существенная прибавка высоты растений до 59% и количества побегов до 89%.

Вследствие того, что покровные культуры в 2016 г. выращивались без применения гербицидов, на посадках мискантуса в 2017 г. наблюдалась достаточно большая засоренность. Максимальное количество сорняков отмечено на посадках, сформировавшихся под покровом ячменя, – 12 шт/м<sup>2</sup>. В основе своей отмечали преобладание одуванчика – 6-8 шт/м<sup>2</sup>, в меньшем количестве – вьюнка, мари белой. Использование овса способствовало снижению засоренности посевов в период отрастания культуры на 50%.

Учет урожайности сухой массы мискантуса показал тенденцию повышения сбора биомассы при использовании овса в качестве покровной культуры (табл.). Прибавка составила от 0,6 до 1 т/га, т.е. до 10%.



**Рис. 3. Густота травостоя и высота растений мискантуса 2-го года жизни в зависимости от способа выращивания в 1-й год жизни**

**Урожайность воздушно-сухой массы мискантуса 2-го года жизни  
в зависимости от вида покровной культуры, т/га**

Норма посадки	Покров ячменя	Покров овса	Без покрова
1 н.п.	5,8	6,4	13,6
2 н.п.	6,5	7,5	16,0
3 н.п.	7,8	8,5	16,6
НСР <sub>05</sub> А – вид покрова	0,85		-
В – норма посадки	1,04		1,42
АВ	1,47		-

Высадка корневищ с максимальной нормой продемонстрировала достоверно большую прибавку урожайности мискантуса, вне зависимости от вида покровной культуры. Третья норма посадки, в сравнении со второй, обеспечила повышение урожайности до 1-1,2 т/га и до 2,1-3 т/га в сравнении с первой нормой (минимальной). Сравнение с беспокровным способом выращивания мискантуса демонстрирует однозначное преимущество выращивания без подсева однолетних культур на семена. Потеря в урожайности при подпокровном выращивании в год формирования плантации достигает 53%.

### Заключение

Полученные результаты исследований свидетельствуют о возможности возделывания мискантуса под покровом однолетних культур на семена. Выращивания культуры под покровом зерновых культур значительно снижает сбор сухой массы с плантаций 2-го года жизни на 49-53% в сравнении с беспокровным способом. Оптимальный травостой мискантуса при подпокровном способе выращивания формируется при максимальной норме высадки посадочного материала (1,01 т/га).

### Библиографический список

1. Гисматулина Ю.А. Анализ качества целлюлозы, полученной комбинированным способом из

мискантуса урожая 2013 года // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 6-6. – С. 1195-1198.

2. Флора СССР / Е.Г. Бобров, А.И. Введенский, Н.Ф. Гончаров, В.Л. Комаров, В.И. Кречетович, А.Н. Криштофович, Е.М. Лавренко, И.В. Ларин, С.А. Невский, В.Л. Некрасова, П.Н. Овчинников, Р.Ю. Рожевиц, В.Б. Сочава, Б.К. Шишкин; под ред. акад. В.Л. Комарова. – Л., 1934. – Т. 2. – С. 7.

3. Lewandowski, I., Scurlock, J.M.O., Lindvall, E., Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 25 (4): 335-361.

4. Heaton, E.A., Flavell, R.B., Mascia, P.N., Thomas, S.R., Dohleman, R.G., Long, S.P. (2008). Herbaceous energy crop development: recent progress and future prospects. *Current Opinion in Biotechnology*. Vol. 19 (3): 202-209.

5. Гисматулина Ю.А., Корчагина А.А., Будаева В.В. и др. Целлюлозы из нетрадиционного целлюлозосодержащего сырья в качестве компонента новых взрывчатых составов // *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности*. – Барнаул: АлтГТУ им. Ползунова, 2018. – С. 215-219.

6. Слынько Н.М., Горячковская Т.Н., Шеховцов С.В., Банникова С.В., Бурмакина Н.В., Старостин К.В., Розанов А.С., Нечипоренко Н.Н., Вепрев С.Г., Шумный В.К., Колчанов Н.А., Пель-

тек С.Е. Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4/1. – С. 765-771.

7. Шумный В.К. и др. Новая форма Мискантуса китайского (веерника китайского, *Miscanthus sinensis* Anders.) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья // Вестник ВОГиС. – 2010. – Т. 14. – № 1. – С. 122-126.

8. Справочник по кормопроизводству. – М.: Колос, 1973. – С. 123-124.

9. Промышленное производство кормов: справочная П 81 книга: пер. с нем. А.М. Мазурицкого / под ред. и с предисл. В.В. Попова. – М.: Колос, 1981. – 271 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

11. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им. В.П. Вильямса / под ред.: Ю.К. Новоселов, Г.Д. Харьков, Н.С. Шеховцова. – М., 1983. – 198 с.

### References

1. Gismatulina Yu.A. Analiz kachestva tsellyulozy, poluchennoy kombinirovannym sposobom iz miskantusa urozhaya 2013 goda // Fundamentalnye issledovaniya. – 2014. – No. 6-6. – S. 1195-1198.

2. Flora SSSR, tom 2, 1934 g. / Ye.G. Bobrov, A.I. Vvedenskiy, N.F. Goncharov, V.L. Komarov, V.I. Krechetovich, A.N. Krishtofovich, Ye.M. Lavrenko, I.V. Larin, S.A. Nevskiy, V.L. Nekrasova, P.N. Ovchinnikov, R.Yu. Rozhevits, V.B. Sochava, B.K. Shishkin; pod red. akad. V.L. Komarova. – L., 1934. – S. 7.

3. Lewandowski, I., Scurlock, J.M.O., Lindvall, E., Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 25 (4): 335-361.

4. Heaton, E.A., Flavell, R.B., Mascia, P.N., Thomas, S.R., Dohleman, R.G., Long, S.P. (2008). Herbaceous energy crop development: recent pro-

gress and future prospects. *Current Opinion in Biotechnology*. Vol. 19 (3): 202-209.

5. Gismatulina Yu.A., Korchagina A.A., Budayeva V.V. i dr. Tsellyulozy iz netraditsionnogo tsellyulozoderzhashchego syrya v kachestve komponenta novykh vzryvchatykh sostavov // Tekhnologii i oborudovanie khimicheskoy, biotekhnologicheskoy i pishchevoy promyshlennosti. – Barnaul: AltTGU im. Polzunova, 2018. – S. 215-219.

6. Slyngo N.M., Goryachkovskaya T.N., Shekhovtsov S.V., Bannikova S.V., Burmakina N.V., Starostin K.V., Rozanov A.S., Nechiporenko N.N., Veprev S.G., Shumnyy V.K., Kolchanov N.A., Peltek S.Ye. // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – 2013. – Т. 17. – No. 4/1. – S. 765-771.

7. Shumnyy, V.K. i dr. Novaya forma Miskantusa kitayskogo (veernika kitayskogo, *Miscanthus sinensis* Anders.) kak perspektivnyy istochnik tsellyulozoderzhashchego syrya // Vestnik VOGiS. – 2010. – Т. 14. – No. 1. – S. 122-126.

8. Spravochnik po kormoproizvodstvu. – М.: Kolos, 1973. – С. 123-124.

9. Promyshlennoe proizvodstvo kormov: spravochnaya P 81 kniga / per. s nem. A.M. Mazuritskogo; pod red. i s predisl. V.V. Popova. – М.: Kolos, 1981. – 271 с.

10. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). – Izd. 4-e, pererab. i dop. – М.: Kolos, 1979. – 416 с.

11. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kulturami / VNIИ kormov im. V.R. Vilyamsa / pod red.: Yu.K. Novoselov, G.D. Kharkov, N.S. Shekhovtsova. – М., 1983. – 198 с.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ИЦиГ СО РАН (проект № 0324-2018-0018). Часть исследований выполнена в рамках комплексной программы фундаментальных научных исследований СО РАН II.1. Блок проекта 2 «Разработка технологии выращивания и подготовки биомассы мискантуса для получения этилена» (Рег. № АААА-А17-117112820201-6).*

