

**ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МИСКАНТУСА ГИГАНТСКОГО СОРТА КАМИС
В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ****EXPERIENCE OF GROWING GIANT MISCANTHUS VARIETY KAMIS
IN THE MODERATELY ARID FOREST-OUTLIER STEPPE OF THE ALTAI REGION**

Ключевые слова: мискантус гигантский, целлюлоза, карбоксиметилированная шелуха овса, Эко-Стим, компонентный состав, умеренно засушливая колочная степь, Алтайский край.

Рассмотрены возможности использования перспективной культуры мискантус в промышленных, энергетических и средообразующих целях. На опытных площадках Алтайского ГАУ, заложенных в условиях умеренно засушливой колочной степи, изучено действие предпосадочного замачивания ризом мискантуса гигантского сорта КАМИС биопрепаратом «Эко-Стим» на укореняемость, рост, развитие, выживаемость и накопление основных структурных компонентов. Проанализирована адаптационная способность сорта КАМИС к условиям произрастания. Установлено, что замачивание ризом в растворе биопрепарата «Эко-Стим» способствует лучшему укоренению. Укореняемость повышалась на 3,9%. Применение Эко-Стим также позволяет растениям активнее расти и развиваться, набирая большую биомассу, разница в высоте на конец вегетации первого года составляла $5,1 \pm 8,0$ см при 44,2 см на контроле. Накопление биомассы от биостимулятора увеличивалась на 2,6 г/раст., а по сухой – на 0,43 г/раст. При этом урожайность сырой биомассы составляла 0,0402 т/га, а на варианте Эко-Стим – 0,088 т/га. Применение Эко-Стим в суровых зимних условиях Сибири в первый год жизни способствует повышению выживаемости на 15-19%, а в последующие – на 3-4%. В последующие годы вегетации повышает урожайность на 0,32-0,61 т/га по сырому веществу и на 0,069-0,137 т/га по сухому веществу. Для сорта КАМИС природно-климатические условия алтайской степи с низким количеством осадков оказались недостаточно благоприятными и не позволили реализовать культуре потенциал продуктивности в полном объеме. Высота растений в первый год жизни не более 0,7 м с низким содержанием сухого вещества, в последующие годы не достигает 1,5 м.

Keywords: giant miscanthus (*Miscanthus × giganteus*), cellulose, carboxymethylated oat husks, Eco-Stim biological product, component composition, moderately arid forest-outlier steppe, Altai Region.

The possibilities of using the promising crop silvergrass for industrial, energy and environment-forming purposes are discussed. On the trial plots of the Altai State Agricultural University established under the conditions of the moderately arid forest-outlier steppe, we studied the effect of pre-planting soaking of rhizomes of the giant miscanthus variety KAMIS with the biological product Eco-Stim on rooting, growth, development, survival and accumulation of the main structural components. The adaptive ability of the KAMIS variety to the growing conditions was also studied. It was found that rhizome soaking in a solution of the Eco-Stim biological product promoted better rooting. The rooting ability increased by 3.9%. The use of Eco-Stim also allowed plants growing and developing more actively, gaining more biomass; the difference in height at the end of the growing season of the first year was 5.1 ± 8.0 cm as compared to 44.2 cm in the control. The accumulation of biomass due to the biological product increased by 2.6 g per plant, and that of dry matter - by 0.43 g per plant. At the same time, the yield of raw biomass was 0.0402 t ha, and in the Eco-Stim variant it was 0.088 t ha. The use of Eco-Stim product under the harsh winter conditions of Siberia on the first year of life helps to increase survival by 15-19%, and in subsequent years - by 3-4%. In subsequent years of growing, the yields increase by 0.32-0.61 t ha regarding raw matter and by 0.069-0.137 t ha regarding dry matter. For the KAMIS variety, the natural and climatic conditions of the Altai Region's steppe with low precipitation turned out to be insufficiently favorable and did not allow the crop to realize its full productivity potential. The plant height on the first year of life was no more than 0.7 m with low dry matter content; in subsequent years it did not reach 1.5 m.

Ступина Лилия Александровна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: stupina-liliya@mail.ru.

Попов Евгений Сергеевич, к.г.н., проректор по научной и инновационной работе, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: es-popov@mail.ru.

Stupina Liliya Aleksandrovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: stupina-liliya@mail.ru.

Popov Evgeniy Sergeevich, Cand. Geo. Sci., Vice-Rector for Scientific and Innovation Work, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: es-popov@mail.ru.

Кортусов Алексей Николаевич, вед. инженер, Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, Алтайский край, Российская Федерация, e-mail: akortusov@mail.ru.

Kortusov Aleksey Nikolaevich, Leading Engineer, Institute of Problems of Chemical-Energy Technologies of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Biysk, Altai Region, Russian Federation, e-mail: akortusov@mail.ru.

Введение

Использование растительного материала в промышленных целях для производства бумаги, картона, биоразлагаемой посуды и т.д. требует его быстрого восстановления с целью сохранения экологических ресурсов. Перспективной для этих целей культурой является мискантус [1]. Он хорошо и быстро возобновляется, дает огромную биомассу – до 60 т/га зеленой массы и 10-16 т/га сухой биомассы, устойчив к неблагоприятным условиям среды и слабо поражается болезнями и вредителями [2-4]. В соломе мискантуса накапливается до 51% целлюлозы и до 20% лигнина, что позволяет использовать его не только в бумажной промышленности, но и для производства композитных материалов, целлюлозы и ее модифицированных продуктов, а также для получения высокоэнергетических биопеллет [2-5]. Кроме того, полученную из него наноцеллюлозу вводят в состав бумаги для улучшения ее характеристик [6].

Мискантус имеет высокую адаптивность, обладает высокой фотосинтетической активностью за счет усвоения углерода по C₄ типу фотосинтеза. Он относится к теплолюбивым растениям, но некоторые виды отличаются достаточно высокой холодостойкостью. Его посадки можно использовать 15-20 лет, а некоторые авторы утверждают, что он может не стареть до 30-35 лет [7, 8]. За счет значительного уменьшения эмиссии CO₂ он способствует улучшению экологической обстановки и положительно влияет на рост других видов в ценозе, а также может произрастать на неудобных, заброшенных, деградируемых почвах, восстанавливая их и обеспечивая фитомелиоративный эффект [7-9].

В Центральной России и за рубежом изучаются технологии возделывания и возможности использования мискантуса гигантского (*Miscanthus giganteus*), мискантуса китайского (*Miscanthus sinensis*) [3, 4]. Изучены способы борьбы с сорной растительностью в агроценозе мискантуса [10].

В Калужском НИИСХ работы по изучению и оценке линий мискантуса (инициативные) начаты в 2010 г. В 2016 г. создан сорт Камис, в 2018 г. на данный сорт получен патент. Мискантус гигантский в условиях Калужской области не

цветет и не образует семян, этот гибрид растенной стерилен, поэтому размножение его возможно только вегетативно (ризомами), опасности распространения как борщевика сосновского, нет. Растение не распространяется за пределы плантации [9, 11]. Проанализированы особенности развития сорта КАМИС в Калужской области, его урожайность и качество [11].

Дана оценка мискантуса в качестве декоративного растения в городских ландшафтах [12].

В условиях Новосибирской области изучены агроэкологические свойства мискантуса сахароцветного (*Miscanthus sacchariflorus*), установлены нормы высадки корневищ, особенности использования азотных удобрений [9] и проведена оценка выращивания мискантуса под покровом зерновых культур [13]. Показана средообразующая способность данной культуры и установлено, что в многолетних посадках до 2 т/га атмосферного углерода в год закрепляется в органическом веществе почвы [9].

Расширение использования и интродукция мискантуса гигантского в континентальные регионы требуют изучения его адаптации, технологии возделывания для формирования продуктивных плантаций.

Целью исследований являлось изучение отзывчивости мискантуса гигантского сорта КАМИС на предпосадочную обработку биостимулятором «Эко-Стим», а также анализ его адаптивной способности к условиям умеренно засушливой колочной степи Алтайского края.

Материалы и методика исследования

Впервые для условий умеренно засушливой колочной степи Алтайского края на площади 186,2 м² в конце мая 2020 г. на учебно-опытной станции Алтайского ГАУ были высажены ризомы технической культуры мискантуса гигантского сорта КАМИС. Посадка была осуществлена в рамках трехстороннего Договора о сотрудничестве в сфере научно-исследовательской деятельности между ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ (г. Барнаул), ИПХЭТ СО РАН (г. Бийск) с ООО «Мастер Бренд» (г. Москва).

Территория участка расположена в умеренно засушливой колочной степи Алтайского Приобья. Почва чернозем выщелоченный. Перед

высаживанием часть ризом в течение 8 ч были замочены в растворе биологического препарата «Эко-Стим», а другая часть замачивалась в воде. Схема посадки 100х50 см, глубина 12-15 см. Высадку ризом проводили вручную под покров пшеницы яровой мягкой. Обработка участка проводилась только в прикорневой зоне ручным способом.

Сорт КАМИС включён в Госреестр по Российской Федерации в 2018 г. для зон возделывания культуры. Выведен в Калужском НИИСХ. Направление использования – сырьё для целлюлозной и бумажной промышленности. Растение высокое (180-250 см), семена не образует, размножается корневищами (ризомами), содержание целлюлозы – 57%, вегетационный период – 195 дней, зимостойкость высокая [14].

Эко-Стим – биопрепарат, приготовленный методом карбоксиметилирования шелухи овса, обладает склеивающим и влагоудерживающим эффектами [15].

Биометрические измерения проведены согласно методике [16].

Определение компонентного состава мискантуса: массовая доля (м.д.) целлюлозы – по Кюршнеру, м.д. кислотонерастворимого лигнина, м.д. пентозанов, м.д. золы, м.д. жировосковой фракции в пересчёте на абсолютно сухое сырьё – по общеизвестным стандартным методикам [17]. Образцы мискантуса, состоящие из стеблей и листьев, предварительно были высушены до воздушно-сухого состояния, затем измельчены секатором, а после на лабораторной мельнице ЛЗМ-1М (ИП Седов А.Б., г. Москва, Россия) до частиц, проходящих через сито с размером ячеек 1 мм.

Результаты исследования

Укоренение и отрастание мискантуса в первый год шло слабо, что можно связать с поздней посадкой (конец мая) по факту поставки, а также с засушливыми условиями вегетации 2020 г.: гидротермический коэффициент (ГТК) – май-август 0,27 против 1,05 среднемноголетнего (рис. 1). За вегетацию выпало в 3,3 раза меньше осадков, чем по среднемноголетней норме. Из 156 шт. высаженных ризом на каждом варианте укоренение на контроле составило 28,8%, а на варианте с применением биостимулятора «Эко-Стим» 32,7%. Это можно связать с тем, что карбоксиметилированные полисахариды шелухи овса обладают высокой влагоудерживаемостью,

поэтому обработка ими препятствовала пересыханию ризом в почве.



Рис. 1. Посадки мискантуса сорта КАМИС первого года вегетации, 2020 г. (фото Л.А. Ступина)

Перед уходом в зиму на варианте с применением Эко-Стима отмечалось большее количество растений относительно контрольного замачивания в воде – 92 шт. против 60 шт. В отношении к высаженным сохранность составила 58,9 к 38,5% на контроле [18].

В динамике нарастания биомассы также отмечалось преимущество в развитии растений из ризом, которые были предварительно замочены в биостимуляторе. Разница в высоте растений на конец вегетации первого года составляла 5,1±8,0 см при 44,2 см на контроле. Отмечалось также и увеличение в накоплении биомассы. На рисунках 2 и 3 представлены фото образцов с изучаемых вариантов. К концу вегетации прибавка по сырой надземной массе от биостимулятора составляла 2,6 г/раст., а по сухой – 0,43 г/раст. При этом урожайность сырой биомассы достигла 0,0402 т/га, а на варианте Эко-Стим – 0,088 т/га. Урожайность мискантуса в воздушно-сухом состоянии составляла от применения биостимулятора 0,018 т/га, что на 0,0091 т/га было выше контрольного. Повышение ростового эффекта от применения биостимулятора связываем с наличием ауксиноподобных веществ в составе препарата.

Компонентный состав растений при отборе в конце первого года вегетации показал значения в накоплении целлюлозы, лигнина, пентозанов в образцах в пределах погрешности (табл. 1). Сумма компонентов составила 80,02-81,73%, это свидетельствует о том, что растения недостаточно вызрели. Высокие показатели зольности и м.д. жировосковой фракции дополнитель-

но подтверждают незрелость, поскольку у зрелого мискантуса гигантского зольность составляет 1-3% и м.д. жировосковой фракции – до 1,5% [5].



Рис. 2. Мискантус гигантский сорта КАМИС первого года вегетации, октябрь 2020 г.



Рис. 3. Посадки мискантуса сорта КАМИС третьего года вегетации, 2022 г. (фото Е.С. Попов)

Использование в качестве стимулятора роста препарата «Эко-Стим» способствовало повышению выживаемости мискантуса (табл. 2). В целом за четыре вегетационных периода и три зимы на контроле выжило 15,0% растений, а на варианте с использованием биостимулятора – на 3,5% больше. Наибольший выпад растений отмечался в первую и вторую зиму. Такой высокий процент выпадения растений, вероятно, связан со слабым накоплением пластических веществ из-за засушливых условий вегетационных периодов, так как все годы характеризовались именно такими условиями. При среднемноголетнем ГТК за май-август 1,05 в 2020 г. он составил 0,27, в 2021 г. – 0,52, 2022 г. – 0,94, 2023 г. – 0,82.

Мискантус гигантский сорт КАМИС в условиях умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края сформировал невысокую урожайность (табл. 3): сырой массы – в пределах 0,29-0,92 т/га, а сухой массы, убранной весной, – в пределах 0,051-0,190 т/га. Этот факт объясняется количеством выживших растений. Полученные значения урожайности сильно отличаются от подобных показателей в Пензенской области – до 28,14 т/га сырой массы и до 11,39 т/га сухой [19], в Московской области – 20-23 т/га сухого вещества [20], в Калужской области – от 1,0 т/га в первый год и до 7,8 т/га сухого вещества в третий год жизни [11]. Тем не менее, очевидно, что применение замачивания ризом в биостимуляторе «Эко-Стим» способствовало повышению урожайности мискантуса сорта КАМИС по сырой массе в 2,08-2,96 раз, а по сухой – в 2,35-3,58 раз.

Таблица 1

Компонентный состав мискантуса гигантского сорта КАМИС первого года, отбор осень 2020 г.

Обозначение образца	Массовая доля, в пересчете на абсолютно сухое сырье				
	Целлюлоза по Кюршнеру	Лигнин	Пентозаны	Зола	ЖВФ
Контроль	33,7±0,5	17,8±0,5	18,1±0,5	9,83±0,05	2,3±0,1
Эко-Стим	32,9±0,5	17,4±0,5	17,9±0,5	9,16±0,05	2,6±0,1

Примечание. ЖВФ – жировосковая фракция.

Таблица 2

Выживаемость мискантуса гигантского сорта КАМИС

Вариант	Количество растений, ушедших в зиму, шт.				Выжившие, %			Выживаемость, %
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	
Контроль	60	15	11	9	25,0	73,3	81,8	15,0
Эко-Стим	92	41	22	17	44,6	53,7	77,3	18,5

Урожайность мискантуса гигантского сорта КАМИС, т/га

Вариант	Урожайность сырой массы (осенний отбор), т/га			Урожайность сухой массы (весенний отбор), т/га	
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль	0,31	0,35	0,29	0,051	0,053
Эко-Стим	0,92	0,73	0,61	0,120	0,190
НСР ₀₅	0,15	0,07	0,13	0,025	0,014

При характеристике урожайности большое значение имеет нарастание массы мискантуса. Отмечаем, что в условиях умеренно засушливой колючей степи у сорта КАМИС высота на 2-4-й год жизни на контрольном варианте достигала 1,10-1,15 м, а на варианте с биостимулятором – 1,20-1,30 м. Также отличалось и количество побегов в кусте. На контрольном варианте оно варьировало от 1 до 12, среднее – 6,88 шт., а на варианте с Эко-Стим – от 5 до 21, среднее – 11,75 шт.

В третий год вегетации в 2022 г., при максимальном развитии листовой поверхности в августе, были оценены параметры листьев. Средняя площадь одного листа на вариантах опыта была примерно одинакова – 24,12-27,23 см², но за счет формирования большего количества побегов в кусте на варианте с использованием био-

стимулятора общая площадь листьев одного растения значительно превышала контрольные. Так, на контроле общая площадь листьев одного растения составляла от 125,75 до 1157,76 см², в среднем – 736,48 см²/раст., а на варианте с Эко-Стим – от 680,75 до 2672,25 см², в среднем – 1543,0 см²/раст., при этом за 4 года выращивания сорт КАМИС не перешел к цветению (рис. 3, 4).

Результаты компонентного состава растений в 2022 и 2023 гг. показывают различие в содержании целлюлозы (увеличение от 35,9 до 40,3%), лигнина (увеличение от 16,6 до 20,4%), зольности (увеличение 5,07 до 6,50%). Общая сумма компонентов для третьего года вегетации составила 80%, а для четвертого – больше, конкретно 89% (табл. 4).



а



б

Рис. 4. Мискантус гигантский сорта КАМИС четвертого года вегетации (2023 г.): а – посадки, б – срезанные растения (фото Е.С. Попов)

Компонентный состав мискантуса сорта КАМИС третьего и четвертого годов вегетации

Показатели массовой доли компонента, %	Год сбора и продолжительность вегетации	
	2022, третий год	2023, четвертый год
Целлюлоза по Кюршнеру ¹	35,9±0,5	40,3±0,5
Кислотонерастворимый лигнин ¹	16,6±0,5	20,4±0,5
Пентозаны ¹	20,4±0,5	20,4±0,5
Зола ¹	5,07±0,05	6,50±0,05
Жировосковая фракция ¹	1,7±0,1	1,5±0,1

Примечание. ¹В пересчете на абсолютно сухое сырье.

Выводы

1. Применение биостимулятора роста «Эко-Стим», созданного на основе карбоксиметилированной шелухи овса, для замачивания ризом позволяет повысить их укоренение на 3-4%, выживаемость в суровых зимних условиях Сибири в первый год жизни – на 15-19%, в последующие – на 3-4%; увеличивает ростовые процессы, что способствует формированию большей сырой биомассы на 0,32-0,61 т/га, а сухой – на 0,069-0,137 т/га. Компонентный состав контрольных и обработанных растений отличается в пределах погрешности.

2. Для мискантуса гигантского сорта КАМИС, выведенного в Европейской части России, условия умеренно засушливой колючей степи с низким количеством осадков в мае-июне в год посадки не позволили реализовать свой потенциал продуктивности и сформировать достаточную биомассу, заявленную патентообладателем. Высота растений в первый год не более 0,7 м, растения формируются с низким содержанием сухого вещества. Это снижает его выживаемость в суровых зимних условиях. В последующие годы высота растений не достигает 1,5 м. За короткий вегетационный период он не успевает накопить целлюлозы в количестве, сопоставимым с условиями Центрального Нечерноземья.

Библиографический список

1. Mironova, G. F., Budaeva, V. V., Skiba, E. A., Gismatulina, Y. A., Kashcheyeva, E. I., Sakovich, G. V. (2023). Recent Advances in Miscanthus Macromolecule Conversion: A Brief Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(16), 13001. <https://doi.org/10.3390/ijms241613001>.

2. Kapustyanchik S., Yakimenko V., Gismatulina Yu., Budaeva V. Miscanthus – a Promising En-

ergy Crop for Industrial Processing. *Ecology and Industry of Russia*. 2021; 25 (3): 66-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-3-66-71>.

3. Dorogina O.V., Vasilyeva O.Yu., Nuzhdina N.S., et al. The formation and the study of a collection of the *Miscanthus* resource species gene pool in the conditions of the West Siberian forest steppe. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23 (7): 926-932. DOI 10.18699/VJ19.568.

4. Раевская, О. М. Экологическая ниша Мискантуса как инновационной сельскохозяйственной культуры / О. М. Раевская. – Текст: непосредственный // Приоритеты системы научного обеспечения в АПК: сборник статей по материалам научных конференций «Совершенствование механизмов научного обеспечения хозяйствующих субъектов АПК» и «Технологии и технические средства вовлечения в оборот залежных земель для организации органического производства». – Москва: ФГБОУ ДПО РАКО АПК. – 2022. – С. 407-415.

5. Gismatulina, Yu., Kortusov, A., Budaeva, V., Sakovich, G. (2022). Study of Chemical Composition of an Industrial Crop for Russia - *Miscanthus x giganteus* Harvested in 2019-2021. *Ecology and Industry of Russia*. 26. 55-59. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-11-55-59.

6. Шавыркина, Н. А. Перспективы химической и биотехнологической переработки мискантуса / Н. А. Шавыркина, Ю. А. Гисматулина, В. В. Будаева. – DOI 10.21285/2227-2925-2022-12-3-383-393. – Текст: непосредственный // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 383-393.

7. Капустянчик, С. Ю. Мискантус – перспективная сырьевая, энергетическая и фитомелиоративная культура. / С. Ю. Капустянчик, В. Н. Якименко. – Текст: непосредственный //

Почвы и окружающая среда. – 2020. – Т. 3, № 3. – С. 1-14

8. Briones, M., Massey, A., Elias, D., et al. (2023). Species selection determines carbon allocation and turnover in *Miscanthus* crops: Implications for biomass production and C sequestration. *Science of the Total Environment*. 887. 164003. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164003.

9. Капустянич, С. Ю. Агроэкологические основы интродукции культуры мискантус в условиях лесостепи Западной Сибири: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Капустянич Светлана Юрьевна. – Новосибирск, 2022. – 40 с. – Текст: непосредственный.

10. Gushchina V., Volodkin A., Lykova A., et al. (2022). Efficiency of Herbicides in the Technology of Cultivation of *Miscanthus giganteus*. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXV, Issue 2, 85-90.

11. Семешкина, П. С. Урожайность и качество урожая мискантуса гигантского сорта КАМИС в зависимости от года жизни / П. С. Семешкина, В. Н. Мазуров, О. М. Раевская. – Текст: непосредственный // Аграрная Россия. – 2023. – № 10. – С. 36-40.

12. Интродукция мискантуса гигантского (*Miscanthus giganteus*) для декоративного использования в среднем Поволжье. / В. А. Гущина, Н. И. Остробородова, А. А. Володькин, А. С. Лыкова. – DOI 10.36461/NP.2022.62.2.015. – Текст: непосредственный // Нива Поволжья. – 2022. – № 2 (62). – С. 1010. – EDN FKGDYZ.

13. Поцелуев, О. М. Оценка возможности выращивания мискантуса под покровом зерновых культур / О. М. Поцелуев, С. Ю. Капустянич. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 10 (168). – С. 55-60.

14. КАМИС сорт мискантуса. – URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/kamis-miscantus/>. (дата обращения: 09.01.2024). – Текст: электронный.

15. Kalyuta E. V., Maltsev M. I., Markin V. I., Mashkina E. I. Effect of Biopreparations Obtained From Carboxymethylated Plant Raw Material on the Wheat Growth, Crop Capacity, and Biochemical Parameters of Grain // *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 2022, Vol. 48, No. 7, pp. 1416–1421.

16. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / под редакцией: Ю. К. Новоселов, Г. Д. Харьков, Н. С. Шеховцова; ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – Москва: РАСХН, 1983. – 198 с. – Текст: непосредственный.

17. Оболенская, А. В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учебное пособие для вузов / А. В. Оболенская, З. П. Ельницкая, А. А. Леонович. – Москва: Экология. – 1991. 320 с. – Текст: непосредственный.

18. Ступина, Л. А. Испытание мискантуса гигантского в условиях умеренно засушливой степи Алтайского края / Л. А. Ступина, М. И. Мальцев. – Текст: непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов: в 2 книгах / XVI Международная научно-практическая конференция (9-10 февраля 2021 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2021. – Кн. 1. – С. 210-211. – Барнаул, 2021. – Кн. 1. – С. 210-211.

19. Кудрина, Е. Н. Формирование продуктивности мискантуса гигантского в зависимости от способов борьбы с сорняками в лесостепи Среднего Поволжья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кудрина Елена Николаевна. – Пенза, 2018. – 22 с. – Текст: непосредственный

20. Хохлов, Н. Ф. Перспективы и особенности возделывания технической культуры мискантус в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ / Н. Ф. Хохлов. – Текст: непосредственный // Приоритеты системы научного обеспечения АПК: сборник статей конференций «Совершенствование механизмов научного обеспечения хозяйствующих субъектов АПК», «Технологии и технические средства вовлечения в оборот залежных земель для организации органического производства». – Москва: ФГБОУ ДПО, 2022. – С. 298-309.

References

1. Mironova, G. F., Budaeva, V. V., Skiba, E. A., Gismatulina, Y. A., Kashcheyeva, E. I., Sakovich, G. V. (2023). Recent Advances in *Miscanthus* Macromolecule Conversion: A Brief Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(16), 13001. <https://doi.org/10.3390/ijms241613001>.

2. Kapustyanchik S., Yakimenko V., Gismatulina Yu., Budaeva V. *Miscanthus* – a Promising Energy Crop for Industrial Processing. *Ecology and*

Industry of Russia. 2021; 25 (3): 66-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-3-66-71>.

3. Dorogina O.V., Vasilyeva O.Yu., Nuzhdina N.S., et al. The formation and the study of a collection of the *Miscanthus* resource species gene pool in the conditions of the West Siberian forest steppe. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* = *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23 (7): 926-932. DOI 10.18699/VJ19.568.

4. Raevskaia, O. M. Ekologicheskai nisha Miskantusa kak innovatsionnoi selskokhoziaistvennoi kultury / O. M. Raevskaia // *Priortety sistemy nauchnogo obespecheniia v APK: sb. statei po materialam nauchnykh konferentsii «Sovershenstvovanie mekhanizmov nauchnogo obespecheniia khoziaistvuiushchikh subiektov APK» i «Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva вовлечeniia v оборот залежных земель для организациии органического производства»*. – Moskva: FGOU DPO RAKO APK, 2022. – S. 407-415.

5. Gismatulina, Yu., Kortusov, A., Budaeva, V., Sakovich, G. (2022). Study of Chemical Composition of an Industrial Crop for Russia - *Miscanthus x giganteus* Harvested in 2019-2021. *Ecology and Industry of Russia*. 26. 55-59. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-11-55-59.

6. Shavyrkina, N. A. Perspektivy khimicheskoi i biotekhnologicheskoi pererabotki miskantusa / N. A. Shavyrkina, Iu. A. Gismatulina, V. V. Budaeva // *Izvestiia vuzov. Prikladnaia khimiia i biotekhnologii*. – 2022. – T. 12. – No. 3. – S. 383-393. – DOI 10.21285/2227-2925-2022-12-3-383-393.

7. Kapustianchik, S. Iu. Miskantus – perspektivnaia syrevaia, energeticheskai i fitomeliorativnaia kultura / S. Iu. Kapustianchik, V.N. Iakimenko // *Pochvy i okruzhaiushchaia sreda*. – 2020. – T. 3. – No. 3. – S. 1-14.

8. Briones, M., Massey, A., Elias, D., et al. (2023). Species selection determines carbon allocation and turnover in *Miscanthus* crops: Implications for biomass production and C sequestration. *Science of the Total Environment*. 887. 164003. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164003.

9. Kapustianchik, S. Iu. Agroekologicheskie osnovy introduksii kultury miskantusa v usloviakh lesostepi Zapadnoi Sibiri: avtoreferat dissertatsii doktora selskokhoziaistvennykh nauk / Kapustianchik Svetlana Iurevna. – Novosibirsk, 2022. – 40 s.

10. Gushchina V., Volodkin A., Lykova A., et al. (2022). Efficiency of Herbicides in the Technology of Culturation of *Miscanthus giganteus*. *Scientific*

Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXV, Issue 2, 85-90.

11. Semeshkina, P. S. Urozhaia i kachestvo urozhaia miskantusa gigantskogo sorta KAMIS v zavisimosti ot goda zhizni / P. S. Semeshkina, V. N. Mazurov, O. M. Raevskaia // *Agrarnaia Rossiia*. – 2023. – No. 10. – S. 36-40.

12. Gushchina, V. A. Introduktsiia miskantusa gigantskogo (*Miscanthus giganteus*) dlia dekorativnogo ispolzovaniia v srednem Povolzhe / V. A. Gushchina, N. I. Ostroborodova, A. A. Volodkin, A. S. Lykova // *Niva Povolzhia*. – 2022. – No. 2 (62). – S. 1010. DOI: 10.36461/NP.2022.62.2.015 – EDN FKGDYZ.

13. Potseluev, O. M. Otsenka vozmozhnosti vyrashchivaniia miskantusa pod pokrovom zernovykh kultur / O. M. Potseluev, S. Iu. Kapustianchik // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2018. – No. 10 (168). – S. 55-60.

14. KAMIS sort miskantusa. – URL: [https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/kamis-miskantus/](https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektсионных-достижений-допущенных-к-использованию-том-1-сорта-растения/kamis-miskantus/). (data obrashcheniia: 09.01.2024).

15. Kalyuta E. V., Maltsev M. I., Markin V. I., Mashkina E. I. Effect of Biopreparations Obtained from Carboxymethylated Plant Raw Material on the Wheat Growth, Crop Capacity, and Biochemical Parameters of Grain // *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 2022, Vol. 48, No. 7, pp. 1416–1421.

16. Metodicheskie ukazaniia po provedeniui polevykh opytov s kormovymi kulturami / VNIi kormov im. V.R. Viliamsa; pod red.: Iu. K. Novoselov, G. D. Kharkov, N. S. Shekhovtsova. – Moskva: RASKhN, 1983. – 198 s.

17. Obolenskaia, A. V. Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tselliulozy. Uchebnoe posobie dlia vuzov / A. V. Obolenskaia, Z. P. Elnitskaia, A. A. Leonovich. – Moskva: Ekologiya, 1991. – 320 s.

18. Stupina, L. A. Ispytanie miskantusa gigantskogo v usloviakh umerenno-zasushlivoi stepi Altaiskogo kraia / L. A. Stupina, M. I. Maltsev // *Agrarnaia nauka – selskomu khoziaistvu: sbornik materialov: v 2 kn. / XVI Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskai konferentsiia (9-10 fevralia 2021 g.)*. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2021. – Kn. 1. – S. 210-211.

19. Kudrina, E. N. Formirovanie produktivnosti miskantusa gigantskogo v zavisimosti ot sposobov borby s sorniakami v lesostepi Srednego Povolzhia: avtoreferat dissertatsii kandidata selsko-

khoziaistvennykh nauk / Kudrina Elena Nikolaevna. – Penza, 2018. – 22 s.

20. Khokhlov, N. F. Perspektivy i osobennosti vzdelyvaniia tekhnicheskoi kultury miskantus v Tsentralnom raione Nechernozemnoi zony RF / N. F. Khokhlov // Prioritety sistemy nauchnogo obespecheniia APK: sbornik statei konferentsii «Sovershenstvovanie mekhanizmov nauchnogo obespecheniia khoziaistvuiushchikh subiektov APK», «Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva vovlecheniia v oborot zaleznykh zemel dlia organizatsii organicheskogo proizvodstva». – Moskva: FGBOU DPO. – 2022. – S. 298-309.

Исследование в ИПХЭТ СО РАН выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-00107, <https://rscf.ru/project/22-13-00107/>.

Благодарности:

генеральному директору ООО «Мастер Бренд» Воинскому Сергею Михайловичу за предоставление в адрес Алтайского ГАУ ризом мискантуса сорта КАМИС и информационную поддержку;

директору Калужского НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, Калужская опытная сельскохозяйственная станция, канд. с.-х. наук Мазурову Владимиру Николаевичу.



УДК 633.11: 631.4:631.432:631.434(571.15)
DOI: 10.53083/1996-4277-2024-234-4-25-31

И.В. Дёмина, А.А. Томаровский, Н.И. Зайкова
I.V. Demina, A.A. Tomarovskiy, N.I. Zaykova

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИТОМЕЛИОРАНТОВ НА СТРУКТУРУ, ГУМУСИРОВАННОСТЬ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА В АЛТАЙСКОМ ПРИОБЬЕ

EVALUATION OF PHYTO-AMELIORANT INFLUENCE ON THE STRUCTURE, HUMUS CONTENT AND WATER REGIME OF CHERNOZEM IN THE ALTAI REGION'S OB RIVER AREA

Ключевые слова: фитомелиорация, плодородие, сидераты, структура почвы, агрегаты, минерализация, гумус, влажность, запасы влаги.

В настоящее время большое распространение получило экологическое земледелие, которое позволило обеспечить повышение урожайности культурных растений за счет использования научно обоснованных севооборотов, зеленых удобрений, таких как сидераты, включающие зерновые культуры и зерносмеси. В результате проведения эксперимента оказалось, что в первые полгода (октябрь 2005 г. – апрель 2006 г.) скорость минерализации сидератов различна. Так, гречиха разложилась на 34,5%, горохо-овсяная смесь – на 30,2% от исходного состояния. В среднем за месячный срок разложение биомассы гороха достигло 6%, гречихи, горохо-овсяной смеси – 5%. В итоге за 18 мес. наблюдений используемые культуры расположились в ряд по скорости минерализации, а именно: горохо-овсяная смесь, гречиха, горох. Практически за 3 года биомасса гороха разрушилась на 81%, а остатки гречихи, горохо-овсяной смеси – в среднем на 75%. Уже весной наблюдался рост агрегатов более 10 мм (на 4-21%) и уменьшение количества микроагрегатов на 23-38%, а коэффициент структурности оказался выше на вариантах с овсом и горохо-овсяной смесью. Максимум ценных структурных агрегатов образовалось при заделке гречихи (63%), о чем свидетельствовал коэффициент структурности, равный, соответственно, 1,7. За год

действия сидератов содержание гумуса достоверно возросло на 7,9% в пахотном слое, а в подпахотном – в среднем на 6,5%. При горохо-овсяной смеси через 8 мес. после заделки сидерата содержание общего органического вещества увеличилось на 9,5%, а гумуса – на 9,5% в слое 0-40 см. Следует отметить, что наиболее существенную прибавку гумуса дала заплата гречихи летом 2007 г. В конечном итоге это способствовало накоплению влаги в гумусовых горизонтах.

Keywords: *phytomelioration, fertility, green manure, soil structure, aggregates, mineralization, humus, moisture content, moisture storage.*

Currently, ecological agriculture has become widespread, and that made it possible to increase the productivity of cultivated plants through the use of scientifically based crop rotations, green fertilizers as green manure including grain crops and grain mixtures. As a result of the experiment, it turned out that in the first six months (October 2005 - April 2006) the rates of green manure mineralization were different. Thus, buckwheat decomposition was 34.5%, pea-oat mixture - 30.2% of the original state. On average, over a month, the decomposition of pea biomass reached 6%, buckwheat and pea-oat mixture - 5%. As a result, over 18 months of observations, the crops used were ranked according to the rate of mineralization, namely: pea-oat mixture, buckwheat, peas. In almost three years, the pea biomass decomposition was 81%, and the