

DOI: 10.5281/zenodo.5834616

УДК: 633.282:631.559

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ БИОМАССЫ МИСКАНТУСА ГИГАНТСКОГО ПРИ СОВМЕСТНОМ ВЫРАЩИВАНИИ С БОБОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

*Виталий ДЕКОВЕЦ, Максим КУЛИК, Наталия СИПЛИВАЯ*

**Abstract.** The article focuses on the need to study ways to increase the yield of giant miscanthus with an ecological component. This will make it possible to consistently obtain a sufficient volume of biomass as a raw material for the production of biofuel. The experiment for study the peculiarities of the formation of the yield of miscanthus was carried out in the conditions of the central part of the Forest-Steppe (Ukraine) using the methodological recommendations of domestic and foreign authors. The experience combined the study of factors: factor A – year (2016–2018), factor B – methods of growing giant miscanthus: option 1 – single-species crops (control), option 2 – intercropping with perennial lupin *Lupinus perennis* L, option 3 – intercropping with *Medicago falcata* L, option 4 – intercropping with *Trifolium pratense* L. The biometric indicators of plants were determined according to the approved methods, the biomass yield was determined by the gravimetric method, by weighing the aboveground vegetative mass from each variant of the field experiment. According to the results of the study, the influence of quantitative indicators ( $r > 0.7$ ), against the background of various methods of crop cultivation, on the yield of biomass of giant miscanthus was established. Compared with single-species plantations, the highest biomass yield (11.8 t/ha) is formed when plants are grown in intercropping with a legume component – lupin. The equivalent influence of biometric parameters of plants (height and number of stems) on the yield of biomass of giant miscanthus was determined ( $r = 0.91$  and  $0.94$ , respectively) and is confirmed by the regression equation  $y = -34.20 + 0.33 \times x$  in all variants of the experiment. It was found that the joint cultivation of giant miscanthus with a legume component (perennial lupin) contributes to a significantly greater increase in the biometric parameters of plants and the yield of biomass. At the same time, it was determined that the yield of miscanthus is formed due to the height of the stem and the average length of the leaf, and significantly depends on the number of stems per unit area.

**Key words:** Giant miscanthus; Intercropping; Legume crops; Biometric indicators; Crop yield; Biomass; Correlation dependences.

**Реферат.** В статье акцентировано внимание на необходимости исследования путей увеличения урожайности мискантуса гигантского с экологической составляющей, что позволит стабильно получать достаточный объем биомассы, как сырья для производства биотоплива. Эксперимент, по изучению особенностей формирования урожайности мискантуса, проведен в условиях центральной части Лесостепи с использованием методических рекомендаций отечественных и зарубежных авторов. Опыт совмещал изучение факторов: фактор А – год (2016–2018 гг.), фактор В – способы выращивания мискантуса гигантского: вариант 1 – одновидовые посева (контроль), вариант 2 – выращивание совместно с многолетним люпином (*Lupinus perennis* L.), 3 вариант – выращивание совместно с люцерной серповидной (*Medicago falcata* L.), 4 вариант – выращивание совместно с клевером красным (*Trifolium pratense* L.). Биометрические показатели растений определяли согласно утвержденных методик, урожай биомассы – весовым методом, путем взвешивания надземной вегетативной массы с каждого варианта полевого опыта. По результатам исследования установлено влияние количественных показателей ( $r > 0,7$ ), на фоне различных способов выращивания культуры, на урожайность биомассы мискантуса гигантского. По сравнению с одновидовыми насаждениями наибольшая урожайность биомассы (11,8 т/га) формируется при выращивании растений на совместных посевах вместе с бобовым компонентом – люпином. Определено равнозначительное влияние биометрических показателей растений (высоты и количества стеблей) на урожайность биомассы мискантуса гигантского (соответственно  $r = 0,91$  и  $0,94$ ) и подтверждается уравнением регрессии  $y = -34,20 + 0,33 \times x$  на всех вариантах опыта. Установлено, что совместное выращивание мискантуса гигантского с бобовым компонентом (люпин многолетний) способствует существенно большему увеличению биометрических показателей растений и урожайности биомассы. При этом определено, что урожайность мискантуса формируется за счет высоты стеблестоя и средней длины листа, и существенно зависит от количества стеблей на единице площади.

**Ключевые слова:** Мискантус гигантский; Совместное выращивание; Бобовые культуры; Биометрические показатели; Урожайность; Биомасса; Корреляционные зависимости.

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, для уменьшения зависимости от ископаемых источников энергии в развивающихся странах возникает необходимость развития собственного производства альтернативных видов топлива, что определено как приоритетная задача «Зеленого курса» Европейского Союза и Украины. Также этот вопрос актуален при изучении особенностей выращивания энергетических культур с экологической точки зрения. Эти культуры способны улучшать почвы и стабильно обеспечить высокий и устойчивый урожай биомассы, в качестве сырья для производства биотоплива (Роїк, М.В. 2019; Kulyk, M. 2020).

Авторами установлено, что наряду с сельскохозяйственными культурами, энергетические – способны формировать значительный объем биомассы для биотопливного использования. Это позволит снизить энергетическую зависимость территориальных общин и повысить благосостояние населения (Kalinichenko, A. 2017).

Определено, что независимо от вида маргинальных земель, на которых выращиваются энергетические культуры, выход энергии из биотоплива будет больше в мискантусе гигантском по сравнению с просом прутьевидным. Это связано с высокой урожайностью биомассы мискантуса гигантского, большим выходом биотоплива, и показателем энергоемкости (Кулик, М. 2020). Главными приоритетами новой отрасли биоэнергетики является поиск путей удешевления различных видов биосырья, разработка новых технико-экономических решений, а также формирование необходимой инфраструктуры с целью эффективного использования растительных энергетических ресурсов и переработки их фитомассы для получения жидких биотоплив: биоэтанол, биобутанол, газообразного и твердого биотоплива: гранулы, брикеты и т.д. (Курило, В.Л. 2010; Писаренко, П.В. 2017). Среди энергокультур, мискантус гигантский – это интродуцированная и высокопластичная культура, для которой характерна C4-схема фотосинтеза. Растения высокорослые, характеризуются быстрым приростом надземной вегетативной массы и могут достигать высоты до пяти метров. Корневая система – мочковатая, мощная, которая формирует утолщение корней – ризомы. Это вегетативные органы размножения мискантуса, одно растение может их формировать до 40 шт. Потенциал урожайности надземной вегетативной фитомассы мискантуса гигантского может достигать от 60 до 150 т/га, урожайность сухой массой растений может составлять 10-15 (до 32) т/га. Энергетическая продуктивность растений составляет 67-84 (до 130) Гкал/га (Рахметов, Д.Б. 2015; Курило, В.Л. 2018).

При проведении комплексных исследований А.В. Хиврич отмечает, что урожайность мискантуса в Украине в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий. Наибольшую урожайность биомассы мискантуса формирует на среднеплотных почвах с низким уровнем залегания грунтовых вод и на полях с уклоном до 7°. Благодаря разветвленной корневой системе его можно выращивать на песчаных и супесчаных почвах. Мискантус гигантский также хорошо адаптирован к неблагоприятным условиям выращивания, в частности с повышенным содержанием солей в почве (Хиврич, О.Б. 2021). Большинство зарубежных исследований показывают, что на маргинальных и тяжелых по гранулометрическому составу почвах, по сравнению с более плодородными и структурированными, урожайность биомассы мискантуса может снижаться (Matyka, M. 2016). В противоположность этому, другие ученые обосновывают способность мискантуса гигантского формировать стабильные урожаи на различных видах маргинальных и рекультивированных землях. Также мискантус при выращивании в этих условиях обеспечивает увеличение урожая при применении удобрений и ирригации насаждений (Харитонов, М. М. 2018). Наряду с этим, определено, что обоснованный менеджмент энергоплантации, оптимальные дозы внесения удобрений (на фоне орошения) повышают урожайность биомассы мискантуса (Milovanovic, J. 2012).

При выращивании возобновляемого растительного сырья энергетических культур возможно, например, при научно обоснованном применении азотных удобрений и выращивании азотфиксирующих культур (смешанные и промежуточные культуры, подсева), что увеличивает урожайность биомассы. Этот факт нашел подтверждение в наших предыдущих исследованиях, в которых определена эффективность совместного выращивания бобовых культур с просом прутьевидным (Tarasenko, A. 2019; Kulyk, M.I., 2019) и мискантусом гигантским (Литвиненко, О.В. 2019). В почвенно-климати-

ческих условиях центральной Лесостепи Украины установлено, что клевер красный способствует увеличению урожайности биомассы проса прутьевидного. Определена положительная динамика увеличения содержания органического вещества в почве и повышения урожайности биомассы мискантуса гигантского при совместном выращивании с люпином (Кулик, М. І. 2019).

Проведенными исследованиями установлено, что с увеличением плотности посадки Ризом (от 10 тыс. шт./га до 25 тыс. шт./га) увеличивается и коэффициент энергетической эффективности – от 15,3 до 17,2. Увеличением массы ризом от 30 до 120 г в среднем снижает этот показатель от 17,2 до 16,1. Определено, что оптимальной густотой стояния растений мискантуса гигантского является количество в 15 тыс. шт./га при массе ризомы – 30–60 г (Квак В. М. 2013). Глубина посадки ризом мискантуса также имеет важное значение. Как отмечают исследователи института биоэнергетических культур, высадка посадочного материала мискантуса на глубину 8–10 см имеет значительное влияние на интенсивность роста и развития растений, формирования ими производительного потенциала (Ганженко, О. М. 2013). Таким образом, совершенствование технологии выращивания мискантуса гигантского, на основе экологизации выращивания культуры с учетом потребностей растений, позволяет уменьшить затраты на выращивание и одновременно увеличить эффективность и постоянство производства биомассы этой культуры, что и изучалось нами в данной публикации.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Целью исследования является установление влияния способа выращивания (одновидовых – монокультура или совместимый с различными бобовыми культурами) на изменчивость количественных показателей растений и урожайность биомассы мискантуса гигантского.

Материал исследования – растения мискантуса гигантского сорта ‘Гулливер’.

Почвы опытных участков – черноземы типичные, содержание гумуса – 3,4 %, щелочно-гидролизованного азота – 192,5 мг/кг, фосфора – 616,0 мг/кг, калия – 775,0 мг/кг, кальция – 12,6 мг/кг, магния – 1,3 мг/кг, серы – 10,1 мг/кг, рН солевое составляет 7,2.

Эксперимент осуществлен в условиях центральной Лесостепи Украины на базе Полтавского государственного аграрного университета согласно методике агрономических исследований (Доспехов, Б.А. 1985). Полевые опыты с растениями мискантуса гигантского проведены в течение 2016–2020 годов. В опытах была применена рендомизация вариантов в пределах каждого из четырех повторений эксперимента.

Схема эксперимента: фактор А – год (2016–2018 гг.), фактор В – способы выращивания мискантуса гигантского: вариант 1 – одновидовые посеы (контроль), вариант 2 – выращивание совместно с многолетним люпином (лат. *Lupinus perennis L.*), 3 вариант – выращивание совместно с люцерной серповидной (лат. *Medicago falcata L.*), 4 вариант – выращивание совместно с клевером красным (лат. *Trifolium pratense L.*).

За год до закладки энергоплантации осенью проводили обработку почвы по типу полупара, весной – закрытие влаги и предпосевную культивацию. В конце апреля высаживали ризомы мискантуса гигантского (схема посадки 75 × 75 см) и подсевали в междурядья бобовые согласно схемы эксперимента. Уход за растениями в период вегетации предусматривал удаление сорняков. При проведении исследований пестициды и удобрения не применялись. Изучение особенностей роста и развития растений и урожайности мискантуса гигантского в зависимости от исследуемых факторов проводили согласно методик (Курило, В.Л. 2015; Ганженко, О.М., 2016; Рахметов, Д.Б. 2017).

Статистическую обработку уровня урожайности результатов исследования проводили с помощью дисперсионного анализа (НСР05) с использованием программ Excel та Statistica.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

К основным биометрическим показателям растений мискантуса гигантского относим среднюю высоту и густоту стеблестоя (количество стеблей в кусте), а также – количество листьев на растениях и их среднюю длину.

Биометрические показатели растений мискантуса гигантского зависимо от способов выращивания характеризовались значительным варьированием (табл. 1).

**Таблица 1.** Биометрические показатели растений мискантуса гигантского первого-третьего годов вегетации, среднее за 2016-2020 гг.

Года вегетации (фактор А)	Способ выращивания (фактор Б)	Средняя высота растений, см	Количество стеблей в кусте, шт.	Количество листьев на стебле, шт.	Средняя длина листка, см
первый (2016-2018)	вариант 1	102,3	2,3	5,1	34,5
	вариант 2	129,5	3,5	6,2	43,1
	вариант 3	112,9	3,1	5,4	37,7
	вариант 4	117,5	2,9	5,5	39,8
второй (2017-2019)	вариант 1	142,5	10,4	9,0	59,0
	вариант 2	158,8	12,3	11,0	65,4
	вариант 3	136,8	10,9	9,5	63,7
	вариант 4	139,3	9,7	9,4	63,2
третий (2018-2020)	вариант 1	150,3	22,1	9,4	116,2
	вариант 2	177,8	28,3	10,1	126,0
	вариант 3	165,4	26,7	9,7	117,9
	вариант 4	117,6	26,3	9,9	117,3
<i>Среднее по опыту</i>		137,5	13,2	8,3	73,6
НСР <sub>05</sub> фактор (А)		22,5	8,90	1,86	31,5
НСР <sub>05</sub> фактор (Б)		9,96	1,13	0,40	2,46
НСР <sub>05</sub> взаимодействие факторов (АВ)		0,48	0,18	0,17	0,32

В условиях первого года высота растений мискантуса гигантского по вариантам опыта варьировала от 102,3 до 129,5 см, на второй год – от 142,5 до 158,8 см, а на третьей – от 150,3 до 177,8 см. В одновидовых насаждениях этот показатель был значительно меньше, по сравнению с вариантами совместного выращивания с бобовым компонентом.

Независимо от условий года исследования существенно большую высоту растений, по сравнению с контрольными вариантами, мискантус гигантский обеспечил на вариантах с люцерной и клевером, которые выращивались в междурядьях.

Количество стеблей на растении мискантуса гигантского за годы проведения эксперимента имела четкую тенденцию к росту – от 2,2 шт. в первый до 28,4 шт. – на третий год. В первый год количество стеблей варьировало в пределах повторений – от 2,2 до 3,6 шт. (в среднем по вариантам – от 2,3 до 3,1 шт.), на второй – от 11,7 до 12,4 шт. (в среднем по вариантам – от 9,7 до 10,4 шт.), и на третий – от 22,0 до 28,4 шт. (в среднем по вариантам – от 22,1 до 28,3 шт.).

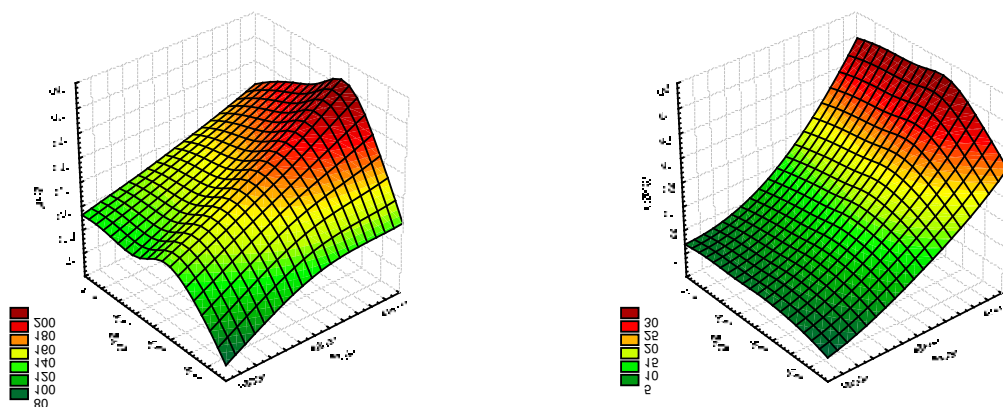
Количество листьев на растении в среднем варьировало по вариантам опыта – от 5,1 до 6,2 штук в первый год, на второй – от 9,0 до 11,0 шт., и на третий – от 9,4 до 10,1 штук. Средняя длина листовой пластинки увеличивалась с каждым годом исследования – от 34,5 см в первый год, до 126,0 см – на третий. Эти показатели существенно большими были на растениях мискантуса которые выращивали совместно с люпином.

В общем по биометрическим показателям выделились варианты с совместным выращиванием мискантуса и люпина. Это подтверждается исследованием других авторов, в которых определено, что изменчивость количественных показателей растений связано как с элементами технологии выращивания, так и с погодными условиями вегетационного периода и видовыми особенностями культуры при многолетнем цикле выращивания: увеличение корневой системы, отрастание новых побегов из спящих почек и др. (Гументик М. Я. 2015).

Динамика высоты растений и их количества у мискантуса гигантского по вариантам опыта в наших исследованиях показана на рис.1.

Определена корреляционная зависимость: с увеличением высоты растений на всех вариантах опыта – растет плотность стеблестоя мискантуса гигантского (при  $r = 0,91$ ), уравнение регрессии  $y = -34,20 + 0,33 \times x$ .

За годы вегетации (2016–2020 гг.) отмечена значительная изменчивость показателей урожайности зеленой и сухой биомассы мискантуса гигантского (табл. 2-3).



**Рис. 1.** Изменение высоты растений (а) и количества стеблей (б) мискантуса гигантского первого-третьего года вегетации при вариантах опыта, 2016-2020 гг.

**Таблица 2.** Урожайность зеленой биомассы мискантуса гигантского первого-третьего годов вегетации, т/га

Способ выращивания (фактор Б)	Год (фактор А)			Среднее
	первый (2016-2018)	второй (2017-2019)	третий (2018-2020)	
вариант 1	21,0	33,4	50,1	34,8
вариант 2	25,2	35,9	52,3	37,8
вариант 3	22,8	34,6	50,7	36,0
вариант 4	22,5	34,1	51,0	35,9
<i>Среднее по опыту = 36,1</i>				
НСР <sub>05</sub> фактор (А)				9,90
НСР <sub>05</sub> фактор (Б)				0,87
НСР <sub>05</sub> взаимодействие факторов (АВ)				0,31

**Таблица 3.** Урожайность сухой биомассы мискантуса гигантского первого-третьего годов вегетации, т/га

Способ выращивания (фактор Б)	Год (фактор А)			Среднее
	первый (2016-2018)	второй (2017-2019)	третий (2018-2020)	
вариант 1	6,2	11,4	14,6	10,7
вариант 2	7,4	12,4	15,6	11,8
вариант 3	6,8	12,0	14,8	11,2
вариант 4	6,7	11,9	14,9	11,2
<i>Среднее по опыту = 11,2</i>				
НСР <sub>05</sub> фактор (А)				2,90
НСР <sub>05</sub> фактор (Б)				0,31
НСР <sub>05</sub> взаимодействие факторов (АВ)				0,17

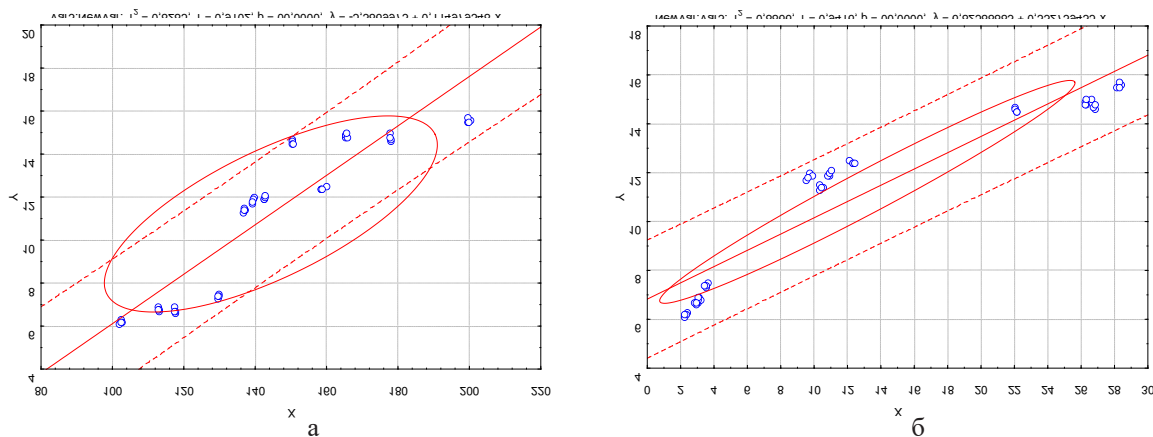
Установлено, что урожайность мискантуса гигантского зависит от способа выращивания культуры по вариантам опыта. Наибольший урожай зеленой (25,2 т/га) и сухой массы (7,4 т/га) первого года получили на вариантах с люпином, существенно ниже – при совместном выращивании с люцерной и клевером (на одном уровне, в пределах НСР<sub>05</sub>). На второй год, данная тенденция

сохранилась, но с существенно большими показателями за урожайность, соответственно 35,9 т/га (зеленая масса) и 12,4 т/га (сухая масса). На третий год максимальную урожайность зеленой массы обеспечил 2 вариант (совместно с люпином) на уровне 52,3 та/га и сухой биомассы – 15,6 та/га

В среднем за года исследований установлено, что по сравнению с контрольными вариантами выращивания мискантуса вместе с люпином увеличивает урожайность на 1,1 т/га, с люцерной и клевером – на одном уровне (на 0,5 /га) при НСР<sub>05</sub> 0,31 т/га. Таким образом доказана эффективность второго варианта по сравнению с контролем, третьим и четвертым вариантами опыта.

Эффективность использования смешанных посевов проса прутьевидного и мискантуса гигантского обуславливает увеличение выхода сухой биомассы и энергии с плантации. Этот способ выращивания, по данным автора, обеспечивает высокую производительность биомассы, уменьшая полегание растений в зимний период, рациональное использование площади энергоплантации, экономию производственных затрат при сборе биомассы (Гументик М. Я. 2019).

Для установления влияния количественных показателей растений на урожайность биомассы мискантуса гигантского был проведен корреляционно-регрессионный анализ. По данным которого определены показатели, имеющие тесную связь с урожайностью на 5 % уровне значимости. Рассчитанные коэффициенты корреляции показывают направление и силу связи между двумя показателями (рис. 2).



**Рисунок 2.** Зависимость между высотой (а), количеством стеблей и урожайностью сухой биомассы мискантуса гигантского первого-третьего годов вегетации, 2016-2020 гг.

Корреляционные зависимости между биометрическими показателями растений (высотой растений, количеством стеблей и средней длиной листа) и урожайностью сухой биомассы мискантуса гигантского по вариантам опыта приведены в табл. 4.

**Таблица 4.** Коэффициенты корреляции между количественными показателями растений и урожайностью мискантуса гигантского, за 2016-2020 гг.

Показатели	ВР	КС	КЛ	СДЛ	У
ВР	–	0,92	0,82	0,89	0,91
КС		–	0,76	0,99	0,94
КЛ			–	0,72	0,92
СДЛ				–	0,89
У					–

\* Примечание: связь существенная при 5% уровне значимости.

ВР – высота растений, см; КС – количество стеблей, шт./растение; КЛ – количество листьев, шт./растение; СДЛ – средняя длина листа, см; У – урожайность сухой биомассы, т/га.

В общем за годы исследования установлена следующая зависимость. По всем вариантам опыта урожайность биомассы мискантуса зависела как от высоты растений ( $r$  0,36 ... 0,77), длины листа ( $r$  0,69 ... 0,74), так и от густоты стеблестоя ( $r$  0,48 ... 0,61), что подтверждается коэффициентами корреляции при уровне значимости 5 %.

## ВЫВОДЫ

Среди вариантов, наибольшие значения биометрических показателей растений получили на варианте 2 – при совместном выращивании мискантуса гигантского с люпином, существенно меньше – на контрольных вариантах, а также при выращивании с люцерной и клевером.

Установлено, что при совместном выращивании мискантуса гигантского с бобовыми урожайность сухой массы варьировала от 11,2 до 11,8 т/га, на контроле (монокультура) она была на уровне 10,7 т/га. Увеличение урожайности мискантуса гигантского на вариантах совместного выращивания с люпином составила 11,8 т/га, клевера и люцерны была однозначной – на уровне 11,2 т/га. Эту особенность можно объяснить более интенсивным поглощением растениями люпина атмосферного азота из окружающей среды, накопление его в почве и доступностью для основной культуры – мискантуса гигантского.

Определено, что совместное выращивание мискантуса гигантского с бобовым компонентом (люпин желтый) способствует существенному увеличению биометрических показателей растений, которые существенно влияют на урожайность биомассы. При этом коэффициентами корреляций определено, что урожайность мискантуса, при совместном выращивании с бобовыми, формируется за счет высоты стеблестоя ( $r = 0,91$ ), количества ( $r = 0,92$ ) и длины листьев ( $r = 0,89$ ), и существенно зависит от количества стеблей на единице площади ( $r = 0,94$ ).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- KALINICHENKO, A., KALINICHENKO, O., KULYK, M. (2017). Assessment of available potential of agrobio-mass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine. In: I. Pietkun-Greber, P. Ratuszkiego, red. *Odnawialne źródła energii: teoria i praktyka*: Monograph, Opole, Kijów, том II, с. 163–179.
- KULYK, M.I., KURYLO, V.L., KALINICHENKO, O.V., GALYTSKA, M.A. (2019). *Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects: Monograf*. Poltava: Astraya, pp. 48–58.
- KULYK, Maksym, KURILO, Vasy, PRYSHLIAK, Natalia, PRYSHLIAK, Viktor (2020). Efficiency of Optimized Technology of Switchgrass Biomass Production for Biofuel Processing. In: *Journal of Environmental Management and Tourism*, vol. 11(1), pp. 173–185. DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.1\(41\).20](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.1(41).20).
- MATYKA, M., KUS, J. (2016) Influence of soil Quality for yielding and biometric features of *Miscanthus × giganteus*. In: *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 25(1), pp. 213–219.
- MILOVANOVIC, J., DRAZIC, G., IKANOVIC, J., JURBEKOVA, Z., RAJKOVIC, S. (2012). Sustainable production of biomass through *Miscanthus giganteus* plantation development. In: *Annals Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, vol. X(1), pp. 79–82.
- TARANENKO, A., KULYK, M., GALYTSKA, M., TARANENKO, S. (2019). Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. In: *Acta Agrobotanica*, vol. 72 (3), p. 1786. DOI: <https://doi.org/10.5586/aa.1786>
- БІЛОНОЖКО, І.М., МОЙСЕЙЧЕНКО, В.Ф., ЄЩЕНКО, В.О. (1994). *Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник*. Київ: Урожай. 334 с.
- ГАНЖЕНКО, О.М., КВАК, В.М. (2013). Вплив глибини садіння ризом мискантусу на їх проростання. В: *Біоенергетика*, вип. 1, с. 36.
- ГАНЖЕНКО, О.М., КУРИЛО, В.Л., ГУМЕНТИК, М.Я. et al. (2016). *Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення мискантусу гігантського*. Київ: ТОВ «ЦП «Компринт», 40 с.
- ГУМЕНТИК, М.Я., КВАК, В.М., ЗАМОЙСЬКИЙ, О.І. et al. (2015). Вплив елементів механізованої технології вирощування на продуктивність біомаси мискантусу. В: *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, вип. 4, с. 50–54.
- ГУМЕНТИК, М.Я. (2019). Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива. В: *Біоенергетика*, вип. 1(13), с. 16–18.
- ДОСПЕХОВ, Б.А. (1985). *Методика полевого опыта*. Москва: Колос. 416 с.
- КВАК, В.М. (2013). Вплив маси ризомів мискантусу та густоти їх садіння на енергетичну продуктивність біомаси. В: *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, вип. 17, том 1, с. 146–151.
- КУЛИК, М.І., ПАДАЛКА, В.В. (2020). Розвиток біоенергетики на основі рослинного енергетичного ресурсу (на прикладі Полтавської області). В: Н.С. Ілляшенко, ред. *Управління стратегіями випереджаючого інноваційного розвитку: монографія*. Суми: Триторія, с. 109–118.
- КУЛИК, М.І., КОСЕНКО, С.М. (2019). Збільшення врожайності мискантусу гігантського на основі

- адаптивних елементів технології вирощування. В: Abstracts of I International Scientific and Practical Conference Lviv, Ukraine, 28-29 October 2019, с. 16–19.
16. КУРИЛО, В.Л., ГАНЖЕНКО, О.М., ГУМЕНТИК, М.Я., КВАК, В.М., ФУЧИЛО, Я.Д., ХІВРИЧ, О.Б., ЗИКОВ, П.Ю., ГОНЧАРУК, Г.С., СМІРНИХ, В.М., ГОРОБЕЦЬ, А.М., ДУБОВИЙ, Ю.П., ЗАМОЙСЬКИЙ, О.І. (2015). Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення мискантуса гігантського Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків. Київ, 52 с.
  17. КУРИЛО, В.Л., ГУМЕНТИК, М.Я., КВАК, В.М. (2010). Мискантус – перспективна енергетична культура для виробництва біопалива. В: *Агробіологія: Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ*, вип. 4(80), с. 62–66.
  18. КУРИЛО, В.Л., РАХМЕТОВ, Д.Б., КУЛИК, М.І. (2018). Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. В: *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, вип. 1(88), с. 11–17.
  19. ЛИТВИНЕНКО, О.В., КУЛИК, М.І. (2019). Закономірності формування урожайності за сумісного вирощування мискантуса гігантського з бобовими культурами. В: *Весняні наукові читання – 2019: Збірник тез доповідей за матеріалами доповідей ХХІХ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*, 15 квітня 2019 року, с. 37–42.
  20. ПИСАРЕНКО, П.В., КУРИЛО, В.Л., КУЛИК, М.І. (2017). Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива. В: О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб, ред. *Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії: колективна монографія*. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», с. 258-266.
  21. РАХМЕТОВ, Д.Б., ЩЕРБАКОВА, Т.О., РАХМЕТОВ, С.Д. (2015). *Мискантус в Україні: інтродукція, біологія, біоенергетика*. Київ: Фітосоціоцентр, 158 с.
  22. РАХМЕТОВ, Д.Б., КАЛЕНСЬКА, С.М., ФЕДОРЧУК, М.І. et al. (2017). Методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування мискантуса в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Видавничий центр «Колос»: ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», 22 с.
  23. РОЇК, М.В., СІНЧЕНКО, В.М., ПІРКІН, В.І. et al. (2019). *Мискантус в Україні: монографія*. Київ: ФОП Ямчинський О. В. 256 с.
  24. ХАРИТОНОВ, М.М., БАБЕНКО, М.Г. (2018). Придатність різних едафічних конструкцій моделей техноземів для вирощування *Miscanthus × giganteus*. В: П.В. Писаренка, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб, ред. *Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна монографія*. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», с. 106–113.
  25. ХІВРИЧ, О.Б., КУРИЛО, В.Л., КВАК, В.М. (2011). Енергетичні рослини, як сировина для біопалива. В: *Пропозиція*, № 6, с. 68.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

#### ДЕКОВЕЦ Виталий Александрович

аспирант, кафедра селекції, семеноводства и генетики, Полтавский государственный аграрный университет, Украина

**КУЛИК Максим Иванович**  <https://orcid.org/0000-0003-0241-6408>

доктор сільськогосподарських наук, професор, кафедра селекції, семеноводства и генетики, Полтавский государственный аграрный университет, Украина

*E-mail*: kulykmaksym@ukr.net

**СИПЛИВАЯ Наталия Алексеевна**  <https://orcid.org/0000-0003-0921-6361>

кандидат биологических наук, заместитель начальника отдела рассмотрения заявок, экспертизы названия и новизны сортов растений, Украинский институт экспертизы сортов растений

*E-mail*: nata123456@ukr.net

Data prezentării articolului: 01.10.2021

Data acceptării articolului: 25.10.2021