

УДК 633.9:631.54

Ріст і розвиток міскантусу гігантського під впливом елементів агротехніки в умовах Правобережного Лісостепу України

О. М. Гончарук, О. І. Присяжнюк* 

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,
*e-mail: ollpris@gmail.com

Мета. Установити особливості росту й розвитку рослин міскантусу гігантського під впливом елементів агротехніки в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН упродовж 2019–2021 рр. Міскантус гігантський ‘Осінній зорецьвіт’ вирощували за схемою трифакторного польового досліду із застосуванням інокулянта Азофосфорин (1,0 л/га), адсорбенту MaxiMarin гранульований (30 кг/га) та препаратів Гумат калію (Гуміфілд) (50 г/га) та Антистресант АміноСтар (1,0 л/га) для позакореневих підживлень у період вегетації. **Результати.** Досліджувані агротехнічні заходи не впливали на тривалість міжфазних періодів міскантусу гігантського та його вегетаційного періоду загалом. Зміни цього показника визначались передусім погодними умовами впродовж вегетації рослин. Найтривалішим періодом вегетації культури був в умовах 2020 року – 213 діб, коли тепла весна сприяла відносно ранньому початку відростання пагонів. Умови наступних років були близькими за показниками – 201 та 202 доби, у середньому ж тривалість вегетації становила 205 діб. Кількість пагонів у кущі міскантусу незначно залежала від застосування інокуляції. Суттєвішим був вплив унесення адсорбенту MaxiMarin гранульований, у варіантах з яким в умовах 2020 р. отримано на 4,2 шт., 2021-го – на 7,0 шт. та у 2022 р. на 6,2 шт. більше пагонів, ніж у варіантах, де рослини вирощувались без вологоутримувача. Позакореневе підживлення рослин узагалі не впливало на формування цього показника. Найвагомим чинником впливу на накопичення сухої речовини в стеблах міскантусу гігантського була обробка посівів Азофосфорином. Зокрема, рослини другого року вегетації (2020 р.) формували за таких умов на 2,7 г більше сухої речовини в розрахунку на один пагін, а у 2021 й 2022 рр. – на 4,7 та 5,2 г відповідно. Вплив позакореневого підживлення був переважно тенденційним (у межах похибки досліду), а за внесення адсорбенту MaxiMarin гранульований узагалі відзначено деяке зниження показників індивідуальної продуктивності пагона порівняно із варіантами, де його не застосовували. **Висновки.** Попри неоднозначність впливу досліджуваних агротехнічних заходів на різні процеси росту й розвитку міскантусу гігантського, найвищі показники індивідуального накопичення сухої речовини однією рослиною в усі роки досліджень відзначено у варіантах комплексного застосування інокулянта, адсорбенту та позакореневої обробки посівів препаратами Гумат калію (Гуміфілд) + Антистресант АміноСтар.

Ключові слова: інокуляція; адсорбент; гумат; позакореневе підживлення.

Вступ

Міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*) є культурою, що здатна забезпечити високий рівень накопичення біомаси навіть у складних умовах вирощування [1, 2]. Однак ріст і розвиток рослин відбувається власне в результаті впливу складних процесів засвоєння чинників зовнішнього середовища й реагування рослин на застосування технологічних заходів. У зв'язку із цим, обов'язковим є вивчення основних біологічних параметрів росту й розвитку рослин в онтогенезі, що забезпечують максимальну продуктивність агрофітоценозу будь-яких сільськогосподарських культур [3, 4].

У разі вивчення особливостей росту й розвитку багаторічних біоенергетичних культур чинник багаторічності додає складності, оскільки ростові процеси, що відбуваються в рослинах першого

року, відмінні від тих, що відбуваються в рослинах кожного наступного років вегетації. Адже навіть суттєво більший запас поживних речовин у ризомах дає змогу рослинами ліпше виживати і швидше відростати, ніж у рік закладання плантації [5, 6].

Дослідження, проведені багатьма вітчизняними вченими, показують, що від ефективного проходження рослинами фенологічних фаз росту та розвитку багато в чому залежить подальша їх продуктивність. Зокрема, зміни тривалості фаз розвитку дають змогу рослинам певним чином адаптуватись до умов вирощування, адже в багатьох випадках перехід на інший етап розвитку обумовлює створення значного обсягу кореневої системи, чи, скажімо, накопичення запасних поживних речовин, які будуть корисними за настання несприятливих умов вирощування [7].

Як відмічається іншими дослідниками [8, 9], температура повітря суттєво впливає на перебіг ростових процесів. Зокрема, чим вища температура, тим коротший міжфазний період і тим швидше проходять фази вегетації. Здатність рослин скорочувати тривалість вегетаційного періоду за пізніх строків сівби відмічали також і в зернових культур. Однак надмірно високі температури повітря та відсутність вологи спричиняють зворотній результат – подовження тривалості фенологічних фаз.

Попри здатність міскантусу гігантського швидко та ефективно проростати, не менш критичним питанням є швидкість подальшого росту та проходження його рослинами фаз розвитку. Адже саме від цих показників значною мірою залежить здатність рослин надалі ефективно накопичувати біомасу, оскільки культури із C₄-типом фотосинтезу потребують набагато кращих умов для свого росту й розвитку, ніж традиційно найбільш поширені в умовах Лісостепу України культури із C₃-типом фотосинтезу [10].

Мета досліджень – установити особливості росту й розвитку рослин міскантусу гігантського під впливом елементів агротехніки умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводили на Білоцерківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН упродовж 2019–2022 рр. згідно зі схемою, наведеною в таблиці 1.

Умови регіону проведення досліджень цілком сприятливі для росту й розвитку рослин міскантусу. Зокрема, середня багаторічна температура становить 10,8 °С, абсолютний максимум – 34,2 °С, мінімум – -27,6 °С. Середня багаторічна відносна вологість повітря – 74 %. Середня багаторічна кількість днів з відносною вологістю не більше ніж 30 % становить 33, а з не менше ніж 80 % – 104.

Таблиця 1

Схема дослідження щодо розроблення елементів технології вирощування міскантусу гігантського

Інокуляція	Застосування адсорбенту	Позакореневе підживлення
Без інокуляції	Без адсорбенту	Без підживлення Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га
	MaxiMarin гранульований, 30 кг/га	Без підживлення Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га
Азофосфорин, 1,0 л/га	Без адсорбенту	Без підживлення Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га
	MaxiMarin гранульований, 30 кг/га	Без підживлення Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га

Адсорбент уносили в ґрунт у міжряддя, позакореневе підживлення рослин проводили у фазі 3–5 листків культури + повторне оброблення у фазі кущення.

У досліді використовували сорт міскантусу гігантського 'Осінній зорецьвіт' (оригінатор – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, включений до Державного реєстру сортів рослин України з 2015 р.). Площа садивної ділянки становила 35 м², облікової – 25 м²; повторність – триразова.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий глибокий малогумусний вилугуваний середньо-суглинковий зі вмістом гумусу в 0–30 см – 3,5 %. Уміст азоту становить 29–37 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію – 200–220 і 100 мг/кг ґрунту відповідно. У складі обмінних катіонів кальцій становить 78–90 %, магній – 7–19 % від загальної суми.

Експериментальні дослідження проводили згідно з методиками польового досліді та спеціальними методиками [11–14].

Результати досліджень

Результати визначення тривалості міжфазних періодів рослин міскантусу протягом вегетації залежно від впливу агротехнічних заходів упродовж 2020–2022 рр. наведено на рисунку 1.

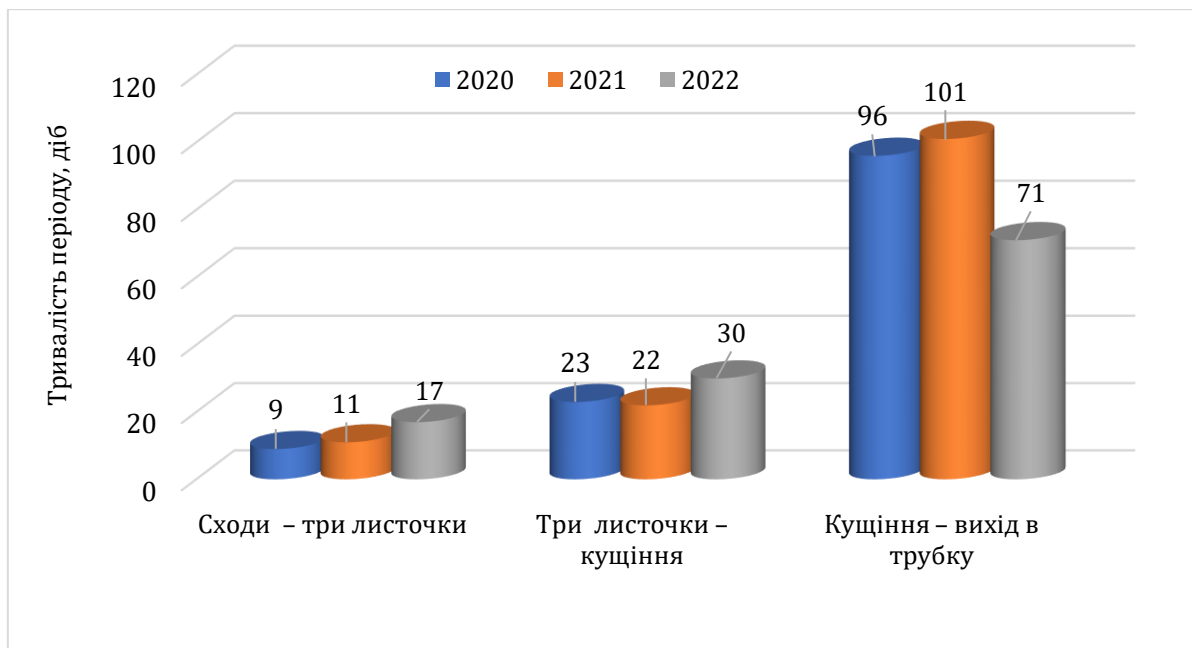


Рис. 1. Середня тривалість міжфазних періодів міскантусу гігантського 'Осінній зорецьвіт' за роки досліджень (2020–2022)

В умовах 2020 р. тривалість міжфазного періоду сходи – три листочки в середньому по досліді становила 9 діб, три листочки – кущіння – 23 доби без диференціації залежно від впливу чинників агротехніки.

Аналогічно попереднім періодам, тривалість міжфазного періоду від кущіння до виходу в трубку залежала передусім від біологічних особливостей рослин та становила 96 діб.

По суті, застосування різних варіантів досліді – інокуляції, внесення перед садінням міскантусу вологоутримувача не впливало значно на ріст і розвиток рослин міскантусу, окрім активізації початкової його схожості.

Що стосується проходження подальших етапів росту й розвитку, то в умовах Київської області вихід у трубку з наступним цвітінням ми спостерігали лише завдяки оптимальному поєднанню теплої осені зі сприятливими для рослин міскантусу умовами.

У 2021 р., аналогічно даним, отриманим у попередній рік, тривалість міжфазного періоду сходи – три листочки в середньому по досліді становила 11 діб і не залежала від впливу чинників, які ми вивчали в досліді. Аналогічно тривалість міжфазного періоду три листочки – кущіння теж становила 22 доби, без диференціації залежно від впливу агротехнічних чинників.

Аналогічно попереднім періодам, тривалість міжфазного періоду від кущіння до виходу в трубку залежала суто від біологічних особливостей рослин і становила 101 добу.

Показники тривалості міжфазних періодів рослин міскантусу протягом вегетації залежно від впливу агротехнічних заходів у 2022 р., засвідчують подібність розподілу даних за варіантами

дослідю. Аналогічно попереднім рокам, не спостерігали суттєвих відхилень у значеннях тривалості міжфазних періодів у межах різних варіантів дослідю.

Загалом же в умовах 2022 р., незважаючи на досить раннє настання весняного відростання міскантусу, подальше похолодання знизило інтенсивність росту культури та навіть призвело до пошкодження пагонів. Відновлення росту пагонів відбулося 10 травня, коли в більшості кущів міскантусу гігантського (понад 75 %) зафіксували появу пагонів на поверхні ґрунту.

Якщо ж проаналізувати більш докладно тривалість міжфазного періоду сходи – три листочки, то в середньому по дослідю цей показник становив 17 діб і не залежав від впливу чинників дослідю. Найдовша тривалість цього періоду за роки досліджень пов'язана не лише з особливостями погодних умов на час активного росту рослин. Крім того, затяжна й прохолодна весна сприяла початку появи сходів у рослин міскантусу з 4 травня, однак ранні проростки потрапили під заморозки і фактично були втрачені. А тому загалом у досліді і знизилась інтенсивність пагоноутворення, що й призвело до збільшення тривалості міжфазного періоду сходи – три листочки.

Тривалість міжфазного періоду три листочки – кущіння в умовах 2022 р. для рослин міскантусу гігантського становила 30 діб без істотних відмінностей за варіантами різного впливу досліджуваних агротехнічних чинників.

Відмінності уповільненого розвитку міскантусу гігантського в першій половині вегетації не позначились істотно на стані посівів загалом, оскільки рослини були добре захищені від домінування в полі бур'янів. А тому уповільнений розвиток змінився пришвидшенням тривалості міжфазного періоду від кущіння до виходу в трубку до 71 доби – найкоротшого значення за роки досліджень. Загалом же відмінностей між варіантами дослідю не спостерігалось.

Окремо слід наголосити на визначенні періоду вегетації загалом. Адже міскантус гігантський в осінній період вегетує до того часу, поки осінні приморозки або поступова дія понижених температур не завадить його розвитку. Тобто відмінностей між досліджуваними варіантами в припиненні вегетації не може бути, оскільки вегетаційний період культури більший, ніж він може бути насправді в умовах Лісостепу України (рис. 2).

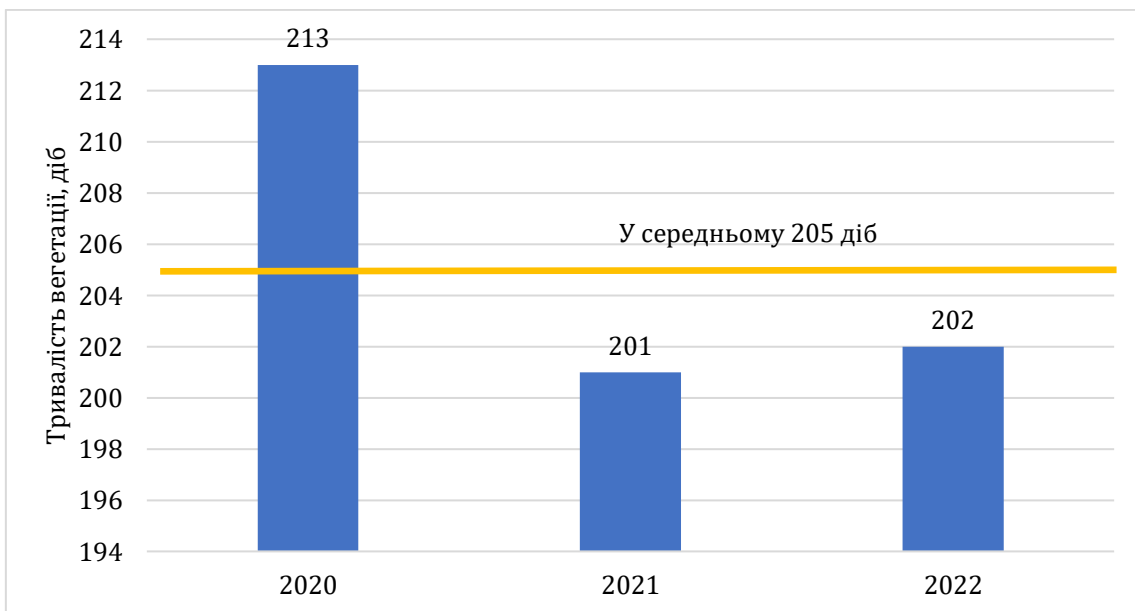


Рис. 2. Тривалість періоду вегетації міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт' в умовах 2020–2022 рр.

Найтривалішим період вегетації міскантусу гігантського був в умовах 2020 р., коли тепла весна сприяла відносно ранньому початку вегетації, а припинення її відзначено аж 23 жовтня. Водночас умови наступних років були близькими за показниками, і в середньому тривалість вегетації становила 205 діб.

Параметри зміни кількості пагонів упродовж років досліджень у рослин міскантусу залежно від впливу елементів технології вирощування наведено в таблиці 2.

Кількість пагонів у рослин міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт' залежно від елементів технології вирощування, шт. (2020–2022 р.)

Інокуляція	Застосування адсорбенту	Позакореневе підживлення	2020	2021	2022
Без інокуляції	Без адсорбенту	Без підживлення	18,6	30,8	28,3
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	18,0	30,1	27,1
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	19,2	32,2	29,0
	MaxiMargin гранульований, 30 кг/га	Без підживлення	22,2	37,1	33,2
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	22,8	37,8	34,1
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	22,2	37,1	33,4
Азофосфорин, 1,0 л/га	Без адсорбенту	Без підживлення	19,8	32,9	29,4
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	19,2	32,2	28,7
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	19,8	32,9	29,8
	MaxiMargin гранульований, 30 кг/га	Без підживлення	24,0	40,6	36,7
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	24,6	41,3	36,5
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	24,0	39,2	35,5
		НІР _{0,05}	1,3	1,7	1,5

Рослини міскантусу гігантського, з огляду на особливості біології та розмноження кореневищами, навесні відростають певною кількістю пагонів з одного кореневища. Коли в перший рік вегетації може бути 4–7 пагонів, то в наступні їх кількість значно зростає, адже кореневище розростається й індивідуальні рослини займають усе більшу площу.

За роки досліджень рослини міскантусу гігантського формували кількість пагонів не лише під впливом агротехнічних чинників, а й умов вирощування. Зокрема, рослини другого року вегетації у 2020 р. в середньому по досліді мали 21,2 пагона, а третього року – 35,4. Водночас у рослин четвертого року вегетації кількість пагонів зменшилась до 31,8 шт., що пов'язано із впливом саме погодних умов вегетаційного періоду, оскільки ранні сходи міскантусу піддавались згубному впливу заморозків і загинули, у зв'язку з чим зменшилась і кількість стебел.

Установлено, що інокуляція хоча й незначно впливала на зміну кількості пагонів міскантусу, однак показники перевищували параметри похибки досліді. Зокрема, в умовах 2020 р. варіанти застосування інокуляції Азофосфорином (1 л/га) сприяли утворенню на 1,4 шт., 2021-го – на 2,3 шт., а у 2022 р. – на 1,9 шт. більше стебел із розрахунку на одну рослину.

Істотніше на формування кількості пагонів рослин міскантусу впливало застосування адсорбенту. Аналогічно попередньому показнику, на нашу думку, такі відмінності спричинені ліпшим забезпеченням рослин не лише елементами живлення, а передусім вологою на початкових етапах їх росту. Зокрема, у варіантах внесення адсорбенту MaxiMargin гранульований (30 кг/га) в умовах 2020 р. отримано на 4,2 шт., 2021-го – на 7,0 шт., а у 2022 р. – на 6,2 шт. більше пагонів, ніж у варіантах, де рослини вирощували без вологоутримувача.

Що стосується застосування позакореневого підживлення, то цей агрозахід не мав істотного впливу на формування кількості пагонів міскантусу гігантського на другий та наступні роки вегетації. На нашу думку, це пов'язано з тим, що нові стебла в багаторічних насадженнях формуються на початкових етапах розвитку рослин і надалі їхня кількість не збільшується через значне затінення поверхні ґрунту, а позакореневе підживлення застосовується у строки, коли вже не може стимулювати додаткове пагоноутворення.

Закономірності формування біомаси з одного пагона міскантусу гігантського відображено в даних таблиці 3.

Якщо аналізувати особливості накопичення одним пагоном сухої речовини в розрізі років досліджень, то найменше її значення у середньому по досліді – 28,4 г отримано на другий рік вегетації міскантусу гігантського, тоді як на третій та четвертий рік – 51,2 та 48,0 г відповідно. Безперечно, інтенсивність накопичення сухої речовини залежала й від кількості пагонів на

рослині, однак з року в рік, у міру розвитку рослин та розростання кореневища вона зростала і в плані індивідуальної продуктивності одного пагона.

Таблиця 3

Особливості формування сухої речовини з одного пагона міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт' (закінчення вегетації), г (2020–2022 рр.)

Інокуляція	Застосування адсорбенту	Позакоренево підживлення	2020	2021	2022
Без інокуляції	Без адсорбенту	Без підживлення	26,6	48,1	42,3
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	27,8	50,0	45,1
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	26,2	47,0	43,5
	МахіМарін гранульований, 30 кг/га	Без підживлення	27,3	49,3	47,0
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	26,8	48,6	46,4
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	27,8	50,0	48,4
Азофосфорин, 1,0 л/га	Без адсорбенту	Без підживлення	31,4	56,8	51,1
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	32,7	58,6	54,9
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	32,3	57,9	53,6
	МахіМарін гранульований, 30 кг/га	Без підживлення	27,4	48,5	46,4
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	27,0	48,1	47,5
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	27,9	51,3	50,3
НІР _{0,05}			1,3	2,2	2,2

Щодо впливу інокуляції Азофосфорином (1 л/га) на накопичення сухої речовини в стеблах міскантусу гігантського, то рослини другого року вегетації в умовах 2020 р. в середньому мали на 2,7 г більше сухої маси в розрахунку на один пагін, ніж у контрольних варіантах. Аналогічна закономірність збереглася й надалі: у 2021 і 2022 рр. приріст показника становив 4,7 та 5,2 г відповідно.

На відміну від застосування інокулянта, внесення адсорбенту МахіМарін гранульований (30 кг/га) не сприяло збільшенню індивідуальної продуктивності пагона. На другий рік вегетації у середньому отримано на 2,1 г, на третій – на 3,8 г та на четвертий рік вегетації на 0,8 г меншу масу пагона, ніж у варіантах, де адсорбент не використовували. Найімовірніше, це пов'язано з тим, що індивідуальна продуктивність рослин складається з багатьох компонентів. Зокрема, цей агрозахід збільшує кількість пагонів на рослинах міскантусу гігантського, а тому спостерігається закономірне зменшення індивідуального накопичення сухої речовини з розрахунку на один пагін.

Якщо аналізувати в середньому вплив позакореневого підживлення на накопичення маси одного пагона міскантусу, то відхилення впродовж років досліджень мали тенденційний характер та були в межах похибки досліду. Хоча й більша маса пагонів у досліді була визначена у варіантах інокуляції та комплексного позакореневого підживлення рослин.

Особливості накопичення сухої речовини з однієї рослини міскантусу гігантського відображено в даних таблиці 4.

На основі аналізу особливостей накопичення сухої речовини однією рослиною міскантусу гігантського в розрізі років можна стверджувати, що на третій-четвертий рік вегетації рослини вийшли на своєрідне «плато продуктивності». Зокрема, якщо на другий рік вегетації в середньому по досліді було накопичено 555,1 г, то на третій і четвертий рік – 1669,5 та 1406,2 г на рослину відповідно. Оскільки не спостерігалась динаміка щорічного приросту врожайності міскантусу гігантського, а отже й накопичення додаткових кількостей сухої речовини, то це підтверджує припущення про досягнення максимуму можливостей накопичення сухої речовини плантаціями культури.

Щодо впливу інокуляції Азофосфорином на накопичення сухої речовини рослинами міскантусу гігантського, то в умовах 2020 р. в середньому на рослину формувалось на 92 г більше сухої маси, ніж у контрольних варіантах. Аналогічні закономірності збереглись і надалі: у 2021 та 2022 рр. на одну рослину сухої речовини утворювалось на 268,8 та 243,5 г більше.

Особливості накопичення сухої речовини однієї рослини міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт' (закінчення вегетації), г (2020–2022 рр.)

Інокуляція	Застосування адсорбенту	Позакореневе підживлення	2020	2021	2022
Без інокуляції	Без адсорбенту	Без підживлення	494,0	1480,2	1194,7
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	499,8	1505,4	1222,2
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	502,7	1514,9	1261,3
	МахіМарін гранульований, 30 кг/га	Без підживлення	605,7	1827,3	1562,3
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	611,6	1835,7	1583,4
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	617,0	1853,4	1613,2
Азофосфорин, 1,0 л/га	Без адсорбенту	Без підживлення	622,6	1869,4	1502,5
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	628,5	1886,4	1577,1
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	639,7	1903,9	1597,4
	МахіМарін гранульований, 30 кг/га	Без підживлення	658,7	1970,2	1703,6
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га	663,6	1986,7	1731,2
		Гумат калію (Гуміфілд), 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	669,8	2012,9	1785,8
НІР _{0,05}			10,0	12,8	12,0

Попри те, що застосування адсорбенту МахіМарін гранульований (30 кг/га) не впливало на індивідуальну масу одного пагона, відзначено позитивну динаміку щодо формування індивідуальної продуктивності рослини. Зокрема, на другий, третій і четвертий рік вегетації прирости сухої речовини проти варіантів без адсорбенту в середньому становили 73,2; 221,0 та 270,7 г відповідно.

Аналіз впливу позакореневого підживлення на накопичення маси однієї рослини міскантусу гігантського показує, що за обробки рослин Гумат калію (Гуміфілд) (50 г/га) отримано на 5,6 г (2020), 16,8 г (2021) та 37,7 г/рослину (2022) більшу масу сухої речовини. Водночас у разі внесення Гумат калію (Гуміфілд) (50 г/га) + Антистресант АміноСтар (1,0 л/га) ці показники зросли на 12,1 г (2020), 34,5 г (2021) та 73,6 г/рослину (2022) порівняно з варіантами, де не проводили позакореневе підживлення.

Отже, загалом найліпші показники накопичення сухої речовини однією рослиною міскантусу гігантського в досліді були встановлені у варіантах комплексного застосування інокуляції Азофосфорином (1,0 л/га), адсорбенту МахіМарін гранульований (30 кг/га) та позакореневої обробки посівів Гумат калію (Гуміфілд) (50 г/га) + Антистресант АміноСтар (1,0 л/га). Причому отримані закономірності були відзначені впродовж усіх років проведення досліджень, що свідчить про однакову спрямованість додаткових заходів з догляду, незважаючи на вік плантацій міскантусу гігантського.

Оскільки ми спостерігали відмінності щодо ростових показників рослин міскантусу гігантського, то проведемо докладніше статистичне оцінювання взаємодій чинників на їх формування, зокрема на кількість пагонів (рис. 3), суху речовину з одного пагона (рис. 4) та з однієї рослини (рис. 5).

Отже, вивчення закономірностей впливу чинників на формування кількості пагонів на рослинах міскантусу гігантського (рис. 3) показує, що найістотніше ця ознака залежала саме від наявності доступної рослинам ґрунтової вологи на час утворення пагонів навесні, а тому й адсорбент визначав рівень формування на 50 %.

Серед решти чинників позакореневе підживлення не впливало взагалі, на істотному рівні впливу на кількість факторів, однак мало свій внесок у комплексну дію та взаємодію факторів (АБВГД) – 24 %. Також важливим питанням залишався рівень забезпечення рослин міскантусу макроелементами, однак він лише на 17 % визначав вплив на ознаку, що пов'язано зі значним накопиченням поживних речовин у ризомах та інтенсивним стартом рослин на початку періоду вегетації.

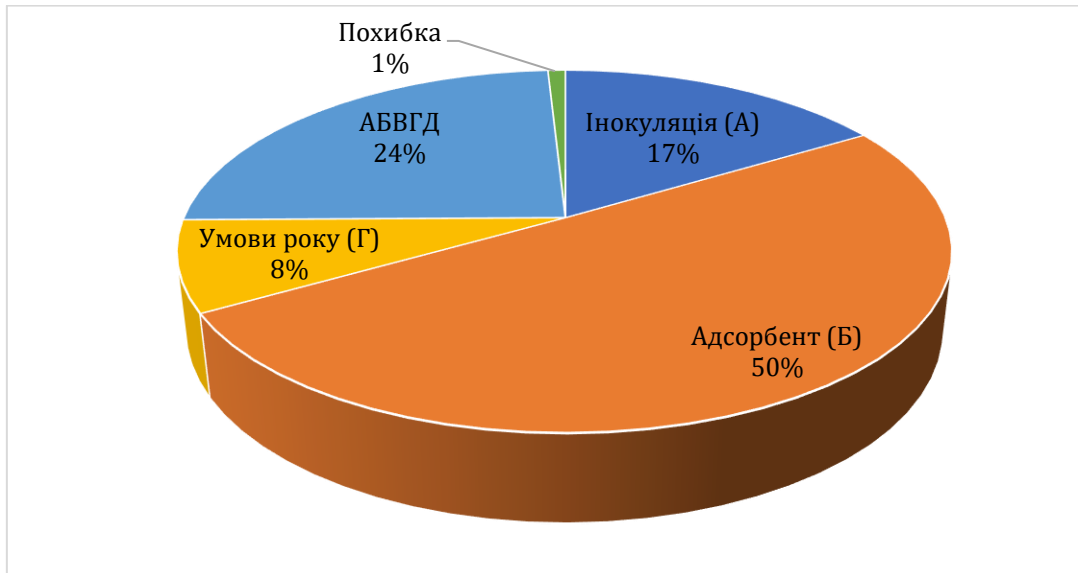


Рис. 3. Частка впливу чинників на формування кількості пагонів на одній рослині міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт' (за даними 2020–2022 рр.)

Що стосується вивчення закономірностей впливу чинників на формування сухої речовини одним пагоном міскантусу гігантського (рис. 4), то тут уже інокуляція посівів азотфіксувальними та фосфатмобілізувальними мікроорганізмами сприяла кращому забезпеченню рослин цими елементами живлення, а отже й впливала на 37 % на досліджувану ознаку.

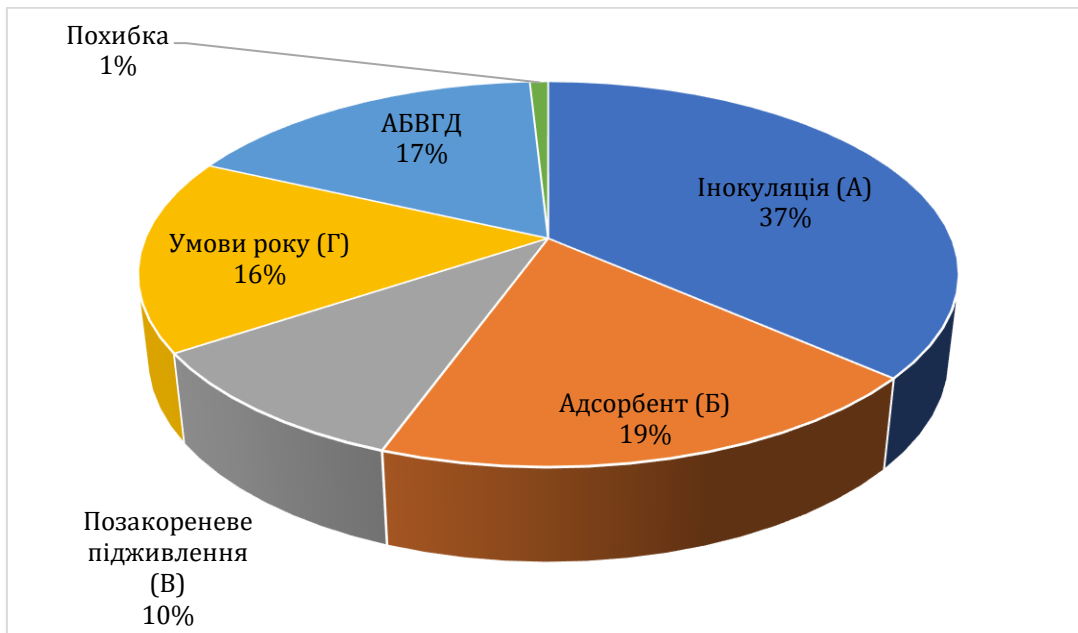


Рис. 4. Частка впливу факторів на формування сухої речовини одним пагоном міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт' (за даними 2020–2022 рр.)

Також слід вказати на те, що попри значний вклад комплексу чинників досліду (АБВГД – 17 %) вплив умов року зріс до 16 %, а застосування адсорбенту на 19 % визначало формування отриманих нами експериментальних показників.

При цьому ми ідентифікували вплив позакореневого підживлення, який стосовно індивідуального накопичення сухої речовини одним пагоном становив 10 %, а в загальному контексті впливу чинників на формування сухої речовини однієї рослини міскантусу гігантського не перевищував 5 % (рис. 5).

За розподілом решти чинників на формування цього показника спостерігався своєрідний «баланс рівноважливості» досліджуваних елементів, коли інокулянти на 24 %, застосування адсорбенту на 23 %, а взаємодія чинників досліду на 24 % визначали істотність взаємодій.

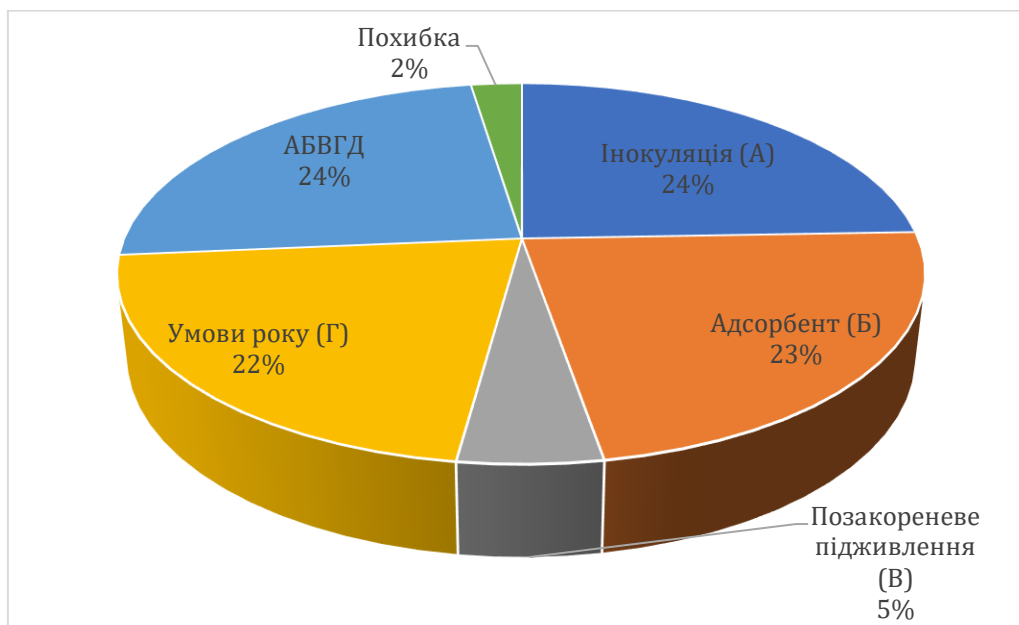


Рис. 5. Частка впливу факторів на формування сухої речовини однією рослиною міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт' (за даними 2020–2022 рр.)

Також у світлі контрастних умов років досліджень підвищилась і дія чинника умов року до 22 %.

Висновки

Досліджувані агротехнічні заходи не впливають на тривалість міжфазних періодів міскантусу гігантського та його вегетаційного періоду загалом. Зміни цього показника визначались передусім погодними умовами впродовж вегетації рослин. Найтривалішим періодом вегетації культури був в умовах 2020 року – 213 діб, коли тепла весна сприяла відносно ранньому початку відростання пагонів. Умови наступних років були близькими за показниками – 201 та 202 доби, у середньому ж тривалість вегетації становила 205 діб.

Кількість пагонів у кущі міскантусу незначно залежала від застосування інокуляції. Суттєвішим був вплив унесення адсорбенту МахіМарін гранульований (30 кг/га), у варіантах з яким в умовах 2020 р. отримано на 4,2 шт., 2021-го – на 7,0 шт. та у 2022 р. на 6,2 шт. більше пагонів, ніж у варіантах, де рослини вирощувались без вологоутримувача. Позакореневе підживлення рослин узагалі не впливало на формування цього показника.

Найвагомішим чинником впливу на накопичення сухої речовини в стеблах міскантусу гігантського була обробка посівів Азофосфорином (1,0 л/га). Зокрема, рослини другого року вегетації (2020 р.) формували на 2,7 г більше сухої речовини в розрахунку на один пагін, а у 2021 й 2022 рр. – на 4,7 та 5,2 г відповідно. Вплив позакореневого підживлення був переважно тенденційним (у межах похибки дослідження), а за внесення адсорбенту МахіМарін гранульований узагалі відзначено деяке зниження показників індивідуальної продуктивності пагона порівняно із варіантами, де його не застосовували.

Найвищі показники індивідуального накопичення сухої речовини однією рослиною міскантусу гігантського в усі роки досліджень відзначено у варіантах комплексного застосування інокулянта Азофосфорин (1,0 л/га), адсорбенту МахіМарін гранульований (30 кг/га) та позакореневої обробки посівів Гумат калію (Гуміфілд) (50 г/га) + Антистресант АміноСтар (1,0 л/га).

Використана література

1. Beringer T., Lucht W., Schaphoff S. Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. *GCB Bioenergy*. Vol. 3, Iss. 4. P. 299–312. doi: 10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x

2. Chum H., Faaij A., Moreira J. et al. Bioenergy. *IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation* / O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona et al. (Eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2011. P. 209–332. URL: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-2-Bioenergy-1.pdf>

3. Clifton-Brown J., Harfouche A., Casler M. D. et al. Breeding progress and preparedness for mass-scale deployment of perennial lignocellulosic biomass crops switchgrass, miscanthus, willow and poplar. *GCB Bioenergy*. 2019. Vol. 11, Iss. 1. P. 118–151. doi: 10.1111/gcbb.12566
4. Daioglou V., Doelman J. C., Wicke B. et al. Integrated assessment of biomass supply and demand in climate change mitigation scenarios. *Global Environmental Change*. 2019. Vol. 54. P. 88–101. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2018.11.012
5. Dondini M., Hastings A., Saiz G. et al. The potential of *Miscanthus* to sequester carbon in soils: Comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions. *GCB Bioenergy*. 2009. Vol. 1, Iss. 6. P. 413–425. doi: 10.1111/j.1757-1707.2010.01033.x
6. Hastings A., Clifton-Brown J., Wattenbach M. et al. Future energy potential of miscanthus in Europe. *Global Change Biology Bioenergy*. 2009. Vol. 1, Iss. 2. P. 180–196. doi: 10.1111/j.1757-1707.2009.01012.x
7. Вирощування біоенергетичних культур / за ред. М. Я. Гументика. Київ : Компринт, 2018. 178 с.
8. Krause A., Haverd V., Poulter B. et al. Multimodel analysis of future land use and climate change impacts on ecosystem functioning. *Earth's Future*. 2019. Vol. 7, Iss. 7. P. 833–851. doi: 10.1029/2018EF001123
9. Li W., Ciais P., Makowski D., Peng S. A global yield dataset for major lignocellulosic bioenergy crops based on field measurements. *Scientific Data*. 2018. Vol. 5. Article 180169. doi: 10.1038/sdata.2018.169
10. Mason P. M., Glover K., Smith J. A. C. et al. The potential of CAM crops as a globally significant bioenergy resource: Moving from 'fuel or food' to 'fuel and more food'. *Energy & Environmental Science*. 2015. Vol. 8, Iss. 8. P. 2320–2329. doi: 10.1039/c5ee00242g
11. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.
12. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. 56 с.
13. Роїк М. В., Сінченко В. М., Іващенко О. О. та ін. Міскантус в Україні. Київ : Компринт, 2019. 256 с.
14. Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування і переробляння міскантусу гігантського. Київ : Компринт, 2016. 40 с.

References

1. Beringer, T., Lucht, W., & Schaphoff, S. (2011). Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. *GCB Bioenergy*, 3(4), 299–312. doi: 10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x
2. Chum, H., Faaij, A., Moreira, J., Berndes, G., Dhamija, P., Dong, H., & Pingoud, K. (2011). Bioenergy. In O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, ... C. Von Stechow (Eds.), *IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation* (pp. 209–332). Cambridge, UK: Cambridge University Press. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-2-Bioenergy-1.pdf>
3. Clifton-Brown, J., Harfouche, A., Casler, M. D., Dylan Jones, H., Macalpine, W. J., Murphy-Bokern, D., ... Lewandowski, I. (2019). Breeding progress and preparedness for mass-scale deployment of perennial lignocellulosic biomass crops switchgrass, miscanthus, willow and poplar. *GCB Bioenergy*, 11(1), 118–151. doi: 10.1111/gcbb.12566
4. Daioglou, V., Doelman, J. C., Wicke, B., Faaij, A., & van Vuuren, D. P. (2019). Integrated assessment of biomass supply and demand in climate change mitigation scenarios. *Global Environmental Change*, 54, 88–101. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2018.11.012
5. Dondini, M., Hastings, A., Saiz, G., Jones, M. B., & Smith, P. (2009). The potential of *Miscanthus* to sequester carbon in soils: Comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions. *GCB Bioenergy*, 1(6), 413–425. doi: 10.1111/j.1757-1707.2010.01033.x
6. Hastings, A., Clifton-Brown, J., Wattenbach, M., Stampfl, P., Mitchell, C. P., & Smith, P. (2009). Future energy potential of miscanthus in Europe. *Global Change Biology Bioenergy*, 1(2), 180–196. doi: 10.1111/j.1757-1707.2009.01012.x
7. Humentyk, M. Ya. (Ed.). *Cultivation of bioenergy crops*. Kyiv: Komprint. [In Ukrainian]
8. Krause, A., Haverd, V., Poulter, B., Anthoni, P., Quesada, B., Rammig, A., & Arneeth, A. (2019). Multimodel analysis of future land use and climate change impacts on ecosystem functioning. *Earth's Future*, 7(7), 833–851. doi: 10.1029/2018EF001123
9. Li, W., Ciais, P., Makowski, D., & Peng, S. (2018). A global yield dataset for major lignocellulosic bioenergy crops based on field measurements. *Scientific Data*, 5, Article 180169. doi: 10.1038/sdata.2018.169
10. Mason, P. M., Glover, K., Smith, J. A. C., Willis, K. J., Woods, J., & Thompson, I. P. (2015). The potential of CAM crops as a globally significant bioenergy resource: Moving from 'fuel or food' to 'fuel and more food'. *Energy & Environmental Science*, 8(8), 2320–2329. doi: 10.1039/c5ee00242g

11. Prysiazhniuk, O. I., Klymovych, N. M., Polunina, O. V., Yevchuk, Ya. V., Tretiakova, S. O., Kononenko, L. M., Voitovska, V. I., & Mykhailovyn, Yu. M. (2021). *Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies*. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]
12. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite*. Kyiv: PolihrafKonsaltnyh. [In Ukrainian]
13. Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Ivashchenko, O. O., Pyrkin, V. I., Kvak, V. M., Humentyk, M. Ya., ... Katelevskiy, V. M. (2019). *Miscanthus in Ukraine*. Kyiv: Komprint. [In Ukrainian]
14. Kurylo, V. L., Hanzhenko, O. M., & Humentyk, M. Ya. (2016). *Methodical recommendations on the technology of growing and processing giant miscanthus*. Kyiv: Komprint. [In Ukrainian]

UDC 633.9:631.54

Honcharuk, O. M., & Prysiazhniuk, O. I.* (2022). Growth and development of giant miscanthus under the effect of cultivation technology in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 10(2). <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270411> [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, *e-mail: ollpris@gmail.com*

Purpose. To establish the peculiarities of the growth and development of *Miscanthus × giganteus* plants under the effect of the elements of cultivation technology in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was carried out at the Bila Tserkva Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet National Academy of Agrarian Sciences in the years 2019–2021 in accordance with generally accepted methods. *Miscanthus × giganteus* variety 'Osinnii Zoretsvit' was cultivated in a three-factor field experiment, which included inoculation with Azophosphorin (1,0 l/ha), application of water retainer MaxiMarin granulated (30 kg/ha), potassium humate (Humifield) (50 g/ha) and antistressant AminoStar (1.0 l/ha) for foliar application during vegetation. **Results.** The studied agronomic practices affected neither the duration of interstage periods of miscanthus nor the duration of vegetation. Changes in this indicator were primarily determined by weather conditions during the vegetation. The longest crop vegetation period was in 2020 (213 days) when a warm spring contributed to a relatively early start of plant regrowth. In the following years, when weather conditions were similar, the vegetation period made up 201 and 202 days (average for the experiment 205 days). The number of shoots per plant slightly depended on the application of inoculation. More significant was the effect of MaxiMarin granulated adsorbent, in the treatment with which in 2020, 4.2 more shoots per plant was obtained, in 2021 7.0 more shoots and in 2022 6.2 more shoots compared to the treatment where the plants were grown without the water retainer. Foliar application of fertilizer did not affect shoot formation at all. The most important factor affecting the accumulation of dry matter in the stems of miscanthus was the treatment with Azophosphorin. In particular, plants in the second year of vegetation (2020) formed 2.7 g more dry matter per shoot, and in 2021 and 2022 4.7 and 5.2 g more, respectively. The effect of foliar application of fertilizer was within the error of the experiment, while the introduction of the water retainer led to a slight decrease in the indicators of shoot productivity compared to the treatments where it was not applied. **Conclusions.** Despite the ambiguity of the influence of the studied agronomic practices on the growth and development of miscanthus, the highest dry matter accumulation per plant in all years of research was noted in the treatments with complex application of inoculant, water retainer and foliar application of potassium humate (Humifield) + Antistress AminoStar.

Keywords: *inoculation; water retainer; humate; foliar application of fertilizers.*

*Надійшла / Received 17.10.2022
Погоджено до друку / Accepted 10.11.2022*