

УРОЖАЙНІСТЬ СОРГО ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИСІВУ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Коваленко Марина Олександрівна

аспірантка

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-3678-5220

marinavlad0050@gmail.com

Жатова Галина Олексіївна

кандидат сільськогосподарських наук, професор

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-8606-6750

gzhatova@ukr.net

Вирощування культур в певній агрокліматичній зоні спирається на ефективне використання екзогенних чинників та оптимальний асортимент культур, які можуть реалізувати продуктивний потенціал саме в таких умовах. Наразі наслідки стресогенної дії підвищеної температури та посухи викликають серйозні проблеми з виробництвом багатьох традиційних культур, зокрема зернових. Сорго як стресостійка культура є перспективною заміною традиційні зернових видів. З метою вивчення впливу окремих елементів технології на формування врожайності сорго в умовах північно-східного Лісостепу України в 2020–2023 рр. (Сумський НАУ) було проведено дослід з вивчення оптимальних норм висіву різних генотипів сорго на ріст, розвиток рослин та врожайність. Матеріалом досліджень були гібрид та сорт сорго зернового (Янкі та Дніпровський 39), та сорт сорго рисозерного Самаран 6. Встановлено, що підвищення норм висіву з 160 тис./га схожого насіння до 490 тис./га схожого насіння впливає на тривалість вегетаційного періоду й призводить до його скорочення від 5 до 11 днів. Зауцення посіву позначається на формуванні фотосинтетичного апарату рослин: площа листків однієї рослини зменшується (на 0,051–0,086 м²), проте загальна листкова поверхня на одиницю площі (м²) зростає за рахунок збільшення кількості рослин. Збільшення норм висіву до 490 тис./га схожого насіння негативно впливає на формування параметрів врожаю, зокрема: знижується коефіцієнт продуктивної кущистості, маса 1000 насіння, кількість насіння на рослину та на одиницю площі. Найвищу врожайність забезпечили норми висіву 165–330 тис./га схожого насіння 4,26–4,29 т/га (гібрида Янкі); 3,51–3,56 т/га (сорт Дніпровський 39) та 2,68–2,02 т/га (сорт Самаран 6). В розрізі генотипів найвищою була врожайність у гібрида Янкі – 4,29, а найнижчою – у сорту сорго рисозерного Самаран 6 – 1,87 т/га. Для формування високої врожайності сорго зернового (Янкі, Дніпровський 39) та рисозерного (Самаран 6) в зоні північно-східного Лісостепу України оптимальними є норми висіву 160–330 тис./га схожого насіння.

Ключові слова: сорго, сорти, гібрид, норма висіву, ріст та розвиток, параметри врожаю, врожайність.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.12>

Вступ. Розташування України на європейському континенті обумовлює велику варіабельність ґрунтово-кліматичних умов. Вирощування культур в певній зоні повинно спиратися на ефективне використання агрокліматичних чинників та оптимальний асортимент культур, які можуть забезпечити високу продуктивність саме в цих умовах. В специфічних кліматичних реаліях сьогодення, пов'язаних, насамперед, зі змінами режимів температури та вологості, переваги будуть мати, зокрема, соргові культури, здатні ефективно використовувати інсоляцію й фотосинтетичні ресурси. За умови розробки оптимальної технології вирощування саме ці види рослин зможуть забезпечити стабільний економічний результат та стимулювати виробників до їх вирощування (Prsyazhnyuk et al., 2019; Polevyi et al., 2020).

На жаль, незважаючи на перевагу цих культур перед іншими за низкою показників (продуктивність, стресостійкість, біологічні та фізіологічні особливості), сорго наразі не приділяється належна увага, а посівні площі в країні залишаються досить невеликими. Основна при-

чина – це відсутність технологій вирощування, адаптованих до певної агрокліматичної зони та здатних забезпечити реалізацію генетичного потенціалу продуктивності культури. Удосконалення елементів технології виробництва та приведення у відповідність до біологічних особливостей конкретного сорту чи гібриду, дасть змогу максимально використовувати продуктивний потенціал виду (Ivashchenko & Rudnyk-Ivashchenko, 2011; Kalenska & Hryniuk, 2013; Fedorchuk et al., 2017).

Норма висіву насіння та ширина міжрядь є важливими факторами при вирощуванні культури сорго (*Sorghum bicolor* L. Moench), які впливають на густоту стеблестою та параметри врожайності рослин (Widdicombe & Thelen, 2002; Fromme et al., 2012; Meng et al., 2022). Важливість цих факторів доведена численними дослідженнями. Кількість особин на одиницю площі визначає ефективність розподілу ресурсів, а розташування рослин контролює споживання цих ресурсів (Christopher et al., 2020; Davydenko et al., 2022). Зміна чисельності популяції рослин в агроценозі та їх просторове розміщення (за раху-

нок ширини міжрядь) має різні впливи на використання доступних ресурсів, що й визначатиме врожайність. Конкуренція між рослинами за світло, воду та поживні речовини набуває значення при загущенні посіву та може призвести до зниження врожайності (Berenguer & Faci, 2001; Biswas et al., 2014).

Норма висіву сортів та гібридів сорго зернового коливається в досить значному діапазоні. Це зумовлено агрокліматичними та едафічними умовами, біологічними особливостями генотипів культури. Норми висіву сорго зернового можуть не відповідати біологічним особливостям рослин, тому для їх розробки необхідно враховувати комплекс як біотичних, так і абіотичних факторів. Нині норми висіву насіння культури варіюють в значному діапазоні, від 140 до 200 тис. нас./га (Войко, 2016).

Так, в умовах Лісостепу гібриди сорго формують найвищу врожайність за різних норм висіву (проте оптимальної ширини міжрядь 45 см). Для більшості гібридів в досліджах Свиридової Л.А. кращою була норма висіву насіння 200 тис. шт./га, для гібриду Степовий 8 – 160 тис. нас./га. За норм висіву насіння 120 і 160 тис. шт./га відзначено варіабельність тривалості проходження фаз росту і розвитку рослин, зокрема прискорене проходження посівами сорго зернового фази трубкування. Підвищення норм висіву з 200 до 240 тис. шт./га. знижувало показники виживаності рослин (Svrydova, 2017).

У дослідженнях Овсієнка І. А. проведених у Лісостепу України оптимальною була норма висіву 300–400 тис. шт./га з шириною міжрядь 45 см (Ovsienko, 2015).

В інших дослідженнях, проведених у цій же зоні найкращими для сорго визнана ширина міжряддя 45 см та густина в межах 160 – 200 тис. шт./га залежно від гібриду. Інші дослідники для Лісостепу України рекомендують висівати сорго зернове з нормою висіву насіння 180 тис. шт./га (Bezruchko & Dzhulai, 2012; Dremluk et al., 2013).

В досліджах, проведених в умовах Північного степу України вивчали чотири варіанти норми висіву насіння – 100, 140, 180 і 220 тис. шт./га. Кращим виявився варіант поєднання сівби міжряддями 45 см з нормою висіву насіння 180 тис. шт./га. Підвищення норми висіву до 220 тис. шт./га не забезпечувало отримання достовірного приросту врожайності зерна (Davydenko et al., 2022). Повідомляється також про позитивний вплив норми висіву 140 тис. шт./га (міжряддя 70 см), проте для генотипів зі зменшеною здатністю до куцнення норму висіву слід підвищити до 180 тис. шт./га. Залежно від морфологічних і біологічних особливостей гібридів, а також ширини міжрядь, норма висіву насіння для цієї зони має становити 160 – 200 тис. шт./га (Клютович, 2007).

При виборі норми висіву насіння рекомендуються брати до уваги інші складові, зокрема, – мету вирощування, родючість ґрунту, забур'яненість тощо. Сорти й гібриди сорго зернового з більш потужним габітусом доцільно висівати з міжряддями 60 і 70 см і нормою висіву рослин 70 тис. шт./га, а менші за розміром рослини – з міжряддями 15 – 30 см і вищою нормою висіву.

В умовах Правобережного Лісостепу України було встановлено, що найбільш інтенсивний ріст і розвиток рослин сорго зернового відзначено за сівби насіння із нормою висіву 200 тис. шт./га (ширина міжрядь 45 см). Зменшення ширини міжрядь до 15 см і збільшення до 70 см призводило до зниження основних параметрів росту й розвитку рослин (Pravdyva, 2021).

Вивчення норм висіву (12,5, 25, 50, 75 і 100 кг/га) показало, що збільшення норми висіву істотно зменшує товщину стебла, але не впливає на накопичення сухої речовини (Mekasha et al., 2021).

Таким чином, наразі існує певна розбіжність щодо норми висіву насіння, це пов'язано з зоною вирощування, сортовими особливостями, рівнем інтенсифікації технології вирощування тощо (Gondal et al., 2017; Mekasha et al., 2021).

Дослідження впливу норми висіву насіння на формування елементів продуктивності та врожайності сорго є актуальним напрямком наукових пошуків.

Матеріали і методи досліджень. Вивчення впливу норм висіву на формування врожаю сорго проводили в умовах ННВЦ Сумського національного аграрного університету (2020-2023 рр.). В польових умовах було закладено двофакторний дослід з рендомізованим розташуванням ділянок.

Фактор А – сорти та гібриди сорго зернового: Янкі (гібрид, ранньостиглий), Дніпровський 39 (сорт, ранньостиглий) та сорт рисозернового сорго Самаран 6 (середньоранній). Фактор В – норма висіву (табл. 1). Розмір облікової ділянки 1,5 x 10 = 15,0 м². Повторність триразова.

Варіанти норма висіву були сформовані на підставі досліджень, проведених з культурою сорго в зоні Степу, Лісостепу та Правобережному Лісостепу України. (Kalenska & Hryniuk, 2013; Rozhkov & Svrydova, 2018; Storozhyk & Muzyka, 2019; Pravdyva & Fedoruk, 2021).

Агротехніка вирощування сорго зернового була загальноприйнятою для зони Лісостепу України. Закладення та проведення дослідів, відбір рослинних зразків, підготовку їх до аналізу проводили відповідно до методичних вказівок та Державних стандартів України. Фенологічні спостереження впродовж вегетації рослин сорго проводили за методикою державного сортовипро-

Таблиця 1

Схема дослідів (2021-2023 рр.)

Фактор А Сорт/Гібрид	Фактор В (норма висіву насіння)		
Янкі	165 тис./га схожого насіння	330 тис./га схожого насіння	490 тис./га схожого насіння
Дніпровський 39			
Самаран 6			

бування сільськогосподарських культур. Початок кожної фази росту й розвитку визначали після переходу до неї у 10% рослин, а повну – 75% рослин (Yeshchenko et al., 2005; Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 2: Cereal, cereal and leguminous crops, 2001; Pravdyva et al., 2021).

Облік врожаю сорго проводили у фазу масової стиглості волотей сортозразків методом пробних снопів. (Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 2: Cereal, cereal and leguminous crops, 2001). За аналізом відібраного снопа визначали кущистість, кількість волотей на одну рослину, середню масу однієї волоті та відсоток виходу насіння.

Статистична обробка даних здійснювалась шляхом дисперсійного аналізу за допомогою комп'ютерних програм «MSTAT» та «Agrobase».

Результати. Формування врожаю сорго зернового залежить від особливостей проходження етапів органогенезу та тривалості фенологічних фаз розвитку рослин (Kalenska & Hryuniuk, 2013; Klymovych et al., 2011). З особливостями вегетаційного періоду пов'язані морфологічні та фізіологічні параметри рослин, особливості реалізації генетичного потенціалу продуктивності сорту чи гібриду.

Біологічною особливістю сорго зернового є уповільнений ріст надземних органів рослин на початку вегетації (30 – 40 діб від сходів). У цей період відбувається інтенсивний розвиток кореневої системи. Проведення оцінки особливостей фенології рослин дає змогу здійснювати біологічний контроль за їх ростом та розвитком. Коригуючи густоту та рівномірність розподілу рослин по площі живлення, можна значною мірою регулювати швидкість проходження окремих фенологічних фаз росту й розвитку рослин, особливості їх кушіння, синхронність розвитку особин в агроценозі, формування параметрів врожаю.

Фенологічні спостереження за рослинами сорго показали, що суттєвої різниці росту й розвитку рослин на перших етапах онтогенезу, залежно від норми висіву, не спостерігалось. (табл. 2).

Фаза цвітіння починалася раніше при збільшенні норми висіву: від 2 днів (Самаран 6) до 5 днів (гібрид Янкі).

Загалом тривалість вегетаційного періоду скорочувалася при загущенні посіву до 490 тис. /га схожого насіння: від 5 днів (сорт Дніпровський 39) до 11 днів (гібрид Янкі). У сорго рисозерного сорту Самаран 6 тривалість вегетації зменшилася на 7 днів при найвищій нормі висіву (490 тис. /га).

З нормою висіву й густотою рослин пов'язані такі важливі прояви життєдіяльності рослин, як живлення, транспірація, асиміляційна діяльність, водопоглинання тощо. Фотосинтетична активність рослин, тобто площа листової поверхні обумовлює потенційну продуктивність та рівень врожайності культури (рис. 1).

Максимальна площа листової поверхні сприяє більш інтенсивним асиміляційним процесам. В цілому, параметри, пов'язані з фотосинтетичною активністю рослин залежать від багатьох факторів, провідними з яких є способи сівби та густота стояння рослин. Оптимальні значення цих факторів покращують продуктивність фотосинтезу агроценозів культури.

Вивчення особливостей формування асиміляційного апарату посівів сорго зернового виявило таку закономірність: зі збільшенням норми висіву асиміляційна поверхня однієї рослини знижується: у гібрида Янкі – на 0,086 м², Дніпровський 39 – 0,051 м², Самаран 6 – на 0,051 м² на рослину (рис. 2).

Проте визначення коефіцієнта площі листової поверхні показало іншу закономірність: з загущенням посіву, тобто зі збільшенням кількості рослин на одиницю площі, відбувалося збільшення й площі листків.

Таким чином, зі збільшенням норми висіву та щільності рослин агроценозу відбувається зменшення площі листів однієї рослини, тобто зростання загальної площі листової поверхні відбувається за рахунок кількості особин на одиниці площі.

Параметри структури врожаю відображають взаємодію генотипу рослини з довкіллям в процесі реалізації

Таблиця 2

Тривалість фаз росту рослин сорго залежно від норми висіву в умовах північно-східного Лісостепу України (середнє за 2021-2023 рр.)

Сорт/Гібрид	Фази	Норма висіву, тис./га		
		165	330	490
Янкі	Сівба-сходи, дн.	16	16	16
	Сходи-цвітіння, дн.	57	55	52
	Цвітіння-стиглість, дн.	37	36	31
	Тривалість вегетації, дн.	110	107	99
Дніпровський 39	Сівба-сходи, дн.	16	16	16
	Сходи-цвітіння, дн.	60	58	57
	Цвітіння-стиглість, дн.	39	38	37
	Тривалість вегетації, дн.	115	112	110
Самаран 6	Сівба-сходи, дн.	17	17	17
	Сходи-цвітіння, дн.	62	60	59
	Цвітіння-стиглість, дн.	43	40	39
	Тривалість вегетації, дн.	122	117	115

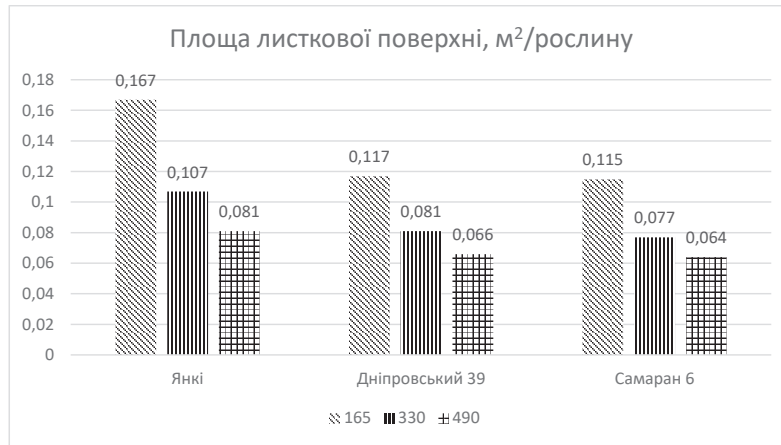


Рис. 1. Вплив норми висіву на площу асиміляційної поверхні рослин сорго (середнє за 2021-2023 рр.)

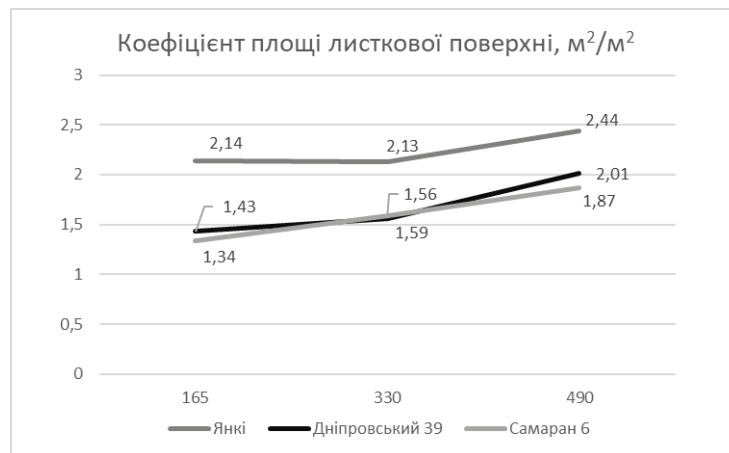


Рис. 2. Вплив норми висіву на площу асиміляційної поверхні посіву сорго (середнє за 2021-2023 рр.)

продуктивного потенціалу і також залежить від впливу окремих елементів технології вирощування. У всіх сортів та гібриду сорго визначення коефіцієнту продуктивної кущистості показало, що найбільше бічних пагонів було сформовано рослинами за мінімальної густоти рослин у досліді (165 тис./га схожого насіння), 1,52–1,42 (залежно від генотипу) (табл. 3). Зі збільшенням загущення посіву до 490 тис./га цей показник знижувався до 1,02–1,10.

Зі збільшенням норми висіву зменшувалося значення такого параметру, як кількість насіння на волоть у всіх сортів сорго. Максимальна кількість насіння (581,61–635,37–817,5 шт./волоть) були в рослин в варіанті з нормою висіву 165 тис./га схожого насіння (найнижча в досліді).

Що стосується маси 1000 насіння, то значення цього показника було максимальним за норми висіву 165 тис./га схожого насіння у всіх сортів сорго: 25,41 г (Самаран 6), 26,7 г (гібрид Янкі), 33,26 г – (сорт Дніпровський 39). Статистичний аналіз підтверджує достовірність отриманих результатів (НІР 0,05 = 0,31).

Основним показником, що характеризує здатність культури реалізувати продуктивний потенціал, її реакцію на умови вирощування та ефективність агротехнічних заходів, є врожайність (табл. 4).

В середньому за роки досліджень високий врожай забезпечили норми висіву 165-330 тис./га схожого насіння – у гібрида Янкі 4,26-4,29 т/га; у сорту Дніпровський 39 – 3,51-3,56 т/га, у сорту Самаран 6 – 2,68-2,02 т/га. Достовірність отриманих результатів була статистично суттєвою (НІР_{0,05} = 0,32). В розрізі сортів найвищою була врожайність у гібрида Янкі – 4,29, а найнижчою – у сорту Самаран 6 – 1,87 т/га.

Обговорення. Спостереження за ростом і розвитком рослин сорго показали, що норми висіву та густота рослин суттєво не впливають на початкові фази розвитку рослин. Це співпадає зі спостереженнями Chernova, & Kovalenko (2017), які встановили, що кількість днів проходження періоду «сходи-кущіння» скорочувалась лише на 1-2 доби зі збільшенням загущення посівів. Проте в наших досліді загальна тривалість вегетаційного періоду скорочувалась при загущенні посіву до 490 тис./га схожого насіння: від 5 днів (сорт Дніпровський) до 11 днів (гібрид Янкі). Тобто, збільшення норми висіву веде до посилення конкуренції між рослинами за поживні речовини та прискорює проходження процесів росту і розвитку сорго у всі роки досліджень.

У розріджених посівах створюються кращі умови освітлення рослин. Рослини відрізняються більшою

Параметри продуктивності сорго залежно від норм висіву в умовах північно-східного Лісостепу України (середнє за 2021–2023 рр.)

Сорт/Гібрид	Норма висіву, тис.шт./га	Коефіцієнт продуктивної куцистості	Маса 1000 насіння	К-сть насіння		Середнє			
				шт./ волоть	тис. шт./ м ²	шт. волоть		тис. шт./м ²	
						генотип	норма висіву	генотип	норма висіву
Янкі	165	1,52	26,70	817,5	15,96	662,59	666,98	15,67	12,35
	330	1,21	24,17	737,87	17,75				
	490	1,02	23,89	432,41	13,31				
Дніпровський 39	165	1,48	33,26	581,61	10,55	504,79	479,9	11,64	13,03
	330	1,18	28,61	548,08	12,44				
	490	1,02	24,22	384,69	11,93				
Самаран 6	165	1,42	25,41	635,37	10,55	403,83	442,25	9,26	11,19
	330	1,36	22,68	317,14	8,91				
	490	1,1	22,45	258,97	8,33				
НІР 0,05		0,09	0,31	22,8	0,642				

Таблиця 4

Вплив норм висіву на врожайність, т/га (середнє за 2021–2023 рр.)

Сорт/Гібрид	Норма висіву тис./га	Врожайність, т/га				Середнє	
		2021	2022	2023	X ср	для генотипу	норми висіву
Янкі	165	3,45	4,44	4,89	4,26	3,91	3,48
	330	3,56	4,19	5,12	4,29		
	490	3,21	2,26	4,07	3,18		
Дніпровський 39	165	2,16	1,59	6,12	3,51	3,29	3,29
	330	2,25	1,89	2,26	3,56		
	490	0,56	1,62	2,20	2,89		
Самаран 6	165	2,56	1,15	1,48	2,68	2,65	2,65
	330	0,28	1,05	1,60	2,02		
	490	0,48	2,01	1,16	1,87		
НІР 0,05					0,32		

кількістю листків та їх площею на одну особину. Максимальні показники листової поверхні рослин сорго спостерігали в досліді Л.А.Герасименко (Nerasymenko, 2019) на варіантах з густиною стояння рослин 250 тис./га. Низкою дослідів доведено, що загушеність посівів призводить до погіршення процесів фотосинтезу, а відтак, до зниження врожайності (Hryniuk, 2013; Nerasymenko & Fedoruk, 2017; Lafarge & Hammer, 2002), що співпадає з результатами наших досліджень.

При збільшенні норми висіву, а отже, загущенні посіву, рослини більше витягуються вгору, темпи наливу та дозрівання насіння уповільнюються. Нами встановлено, що коефіцієнт продуктивної куцистості при збільшенні норми висіву до 490 тис./га схожого насіння знижується на 0,4–0,5.

Конкуренція рослин за світло при загущенні посіву може вести до нерівномірного дозрівання насіння в різних частинах волоті за спостереженнями що веде до

погіршення якості насіння, а в наших дослідіях – зниження маси 1000 насіння.

З підвищенням норм висіву відмічають зменшення частки зерна бічних волотей сорго в загальній біологічній урожайності зерна, формування та наливу насіння йде нерівномірно.

Результати досліджень свідчать про суттєвий вплив варіантів норми висіву на рівень продуктивності сортів та гібриду сорго зернового. Врожайність варіювала від 1,87 т/га (норма висіву – 490 тис./га схожого насіння, Самаран 6) до 4,29 т/га (норма висіву – 330 тис./га схожого насіння, гібрид Янкі). Тобто прослідковується тенденція зменшення приросту врожайності зерна сорго в разі підвищення норми висіву насіння, як і у досліді деяких дослідників (Rozkov & Svyrydova, 2018).

Висновки. Проведені дослідження з впливу норм висіву на ріст та формування врожайності генотипів сорго показало, що підвищення норм висіву з 160 тис./га схожого насіння до 490 тис./га схожого насіння при-

зводить до скорочення тривалості вегетаційного періоду від 5 до 11 днів.

Загущення посіву позначається на площі фотосинтетичного апарату рослин: площа листків однієї рослини знижується, проте загальна листовна поверхня на м² зростає за рахунок збільшення кількості рослин.

Збільшення норм висіву до 490 тис./га схожого насіння негативно впливає на формування параметрів

врожаю, знижує коефіцієнт продуктивної кущистості, масу 1000 насіння, кількість насіння на рослину та одиницю площі.

Для формування високої врожайності сорго зернового (Янкі, Дніпровський 39) та рисозерного (Самаран 6) в зоні північного-східного Лісостепу України оптимальними є норми висіву 160–330 тис./га схожого насіння.

Бібліографічні посилання:

1. Bezruchko, O. I. & Dzhalai, N. P. (2012) Popovnennia rynku sortiv roslyn Ukrainy: sorho zvychaine (dvokolorove) (Sorghum bicolor (L.) Moench). [Replenishment of the plant varieties market of Ukraine: ordinary (bicolor) sorghum (Sorghum bicolor (L.)) Moench]. Sortovnyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn, 3 (17), 45–51.
2. Berenguer, M. J. & Faci, J. M. (2001) Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) Yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. European Journal of Agronomy, 15, 43–55. doi: 10.1016/S1161-0301(01)00095-8
3. Biswas, M., Rahman, A.H.M.M & Ahmed, F. (2014). Effect of variety and planting geometry on the growth and yield of hybrid maize. Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 3(2), 27–32.
4. Boyko, M. O. (2016). Obgruntuvannya ahrotekhnichnykh pryomiv vyroshchuvannya sorho zernovoho v umovakh Pivdnyia Ukrainy [Substantiation of agrotechnical methods of growing grain sorghum in the South of Ukraine]. Naukovyy visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy, 235, 33–39 (in Ukrainian).
5. Boiko, M. O. (2017). Formuvannya asymiliatsiinoho aparatu hibrdiv sorho zernovoho zalezchno vid strokiv sivy ta hustoty posivu [Formation of the assimilation apparatus of grain sorghum hybrids depending on sowing dates and crop density]. Tavrijs'kij naukovi visnyk, 97, 18–22 (in Ukrainian).
6. Herasymenko, L. A., & Fedoruk, Yu. V. (2017). Vplyv hustoty stoiannia roslyn na fotosyntetychnu produktyvnist ahrofitotsenoziv sorho tsukrovoho. [The effect of plant stand density on the photosynthetic productivity of sugar sorghum agrophytocenoses]. Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy, 3 (in Ukrainian).
7. Herasymenko L. A. (2011) plyn hustoty stoiannia roslyn na rist, rozvytok ta vrozhnist sorho tsukrovoho [The effect of plant stand density on the growth, development and yield of sugar sorghum] Ahrobiolohiia, 6, 48–50 (in Ukrainian).
8. Herasymenko, L. A. (2017). Perspektyvy vyroshchuvannya sorho v Ukraini. Aktualni pytannia suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur v umovakh zmin klimatu: [Prospects for growing sorghum in Ukraine. Current issues of modern technologies for growing agricultural crops in conditions of climate change]. Zbirnyk nauk. prats vseukr. nauk.-prakt. konf. (15-16 chervnia 2017 r., m. Kam'ianets-Podilskyi). Ternopil. 69 (in Ukrainian).
9. Hryniuk, I. P. (2013). Fotosyntetychna produktyvnist sorhovoykh kultur u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. [Photosynthetic productivity of sorghum crops in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine] Naukovi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya: Ahronomiia, 183(2), 104–109. (in Ukrainian).
10. Davydenko, S., Rozhkov, A., Karpuk, L., Popov, S., & Mykhailyn, V. (2022). Elements of plant productivity and biological yield capacity of grain sorghum hybrids depending on the inter-row width and seed sowing rate. Scientific Horizons, 25(6), 55–64. doi: 10.48077/scihor.25(6).2022.55-64
11. Dremluk, H. K., Hamadii, V. L. & Hamadii, I. V. Osnovni elementy tekhnolohii vyroshchuvannya sorho. [Basic elements of sorghum cultivation technology] Posibnyk ukrainskoho khliboroba, 3, 274–277 (in Ukrainian).
12. Gao, F. C., Yan, H.-D., Gao, Y., Huang, Y., Li, M., Song, G.-L., Ren, Y.M., Li, J.H., Jiang, Y.X., Tang, Y. J., Wang, Y.X., Liu, T., Fan, G., Wang, Z.G., Guo, R.F., Meng, F. H., Han, F. X. Jiao, S. J. & Li, G. J. (2022) Interpretation of genotype-environment-sowing date/plant density interaction in sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] in early mature regions of China, Frontiers in Plant Science, 13, doi: 10.3389/fpls.2022.1008198, 13, (2022).
13. Fedorchuk, M. I., Kokovikhin, S. V., Kalenska, S. M., Rakhmetov, D. B., Fedorchuk, V. H., Filipova, I. N., & Panfilova, A. V. (2017). Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannya ekoloho-bezpechnykh tekhnolohii vyroshchuvannya ta pererobky sorho v stepovii zoni Ukrainy [Scientific-theoretical foundations and practical aspects of formation of ecologically safe technologies of cultivation and processing of sorghum in the steppe zone of Ukraine]. Kherson, N.p. (in Ukrainian).
14. Fromme, D. D., Fernandez, C. J., Grichar, W. J. & R. L. Jahn, (2012) Grain sorghum response to hybrid, row spacing, and plant populations along the upper Texas Gulf Coast, International Journal of Agronomy, 5.
15. Lafarge, T. A. & Hammer, G. L. (2002) Predicting plant leaf area production: shoot assimilate accumulation and partitioning, and leaf area ratio, are stable for a wide range of sorghum population densities. Field Crops Research, 77 (2–3), 137–151.
16. Ivashchenko, O. O., & Rudnyk-Ivashchenko O.I. (2011). Perspektyvy vyroshchuvannya kukurudzky i sorho [Prospects for growing corn and sorghum]. Khimiya. Ahronomiya. Servis, 12, 38–41 (in Ukrainian).
17. Gondal, M. R., Hussain, A., Yasin, S., Musa, M., & Rehman, H. S. (2017). Effect of seed rate and row spacing on grain yield of sorghum. SAARS Journal of Agriculture, 15(2), 81–91. doi: 10.3329/sja.v15i2.35154.
18. Kalenska, S. M. & Hryniuk, I. P. (2013). Osoblyvosti rostu i rozvytku roslyn sorho zalezchno vid vydovykh, sortovykh osoblyvostei ta udobrennia kultury v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. [Peculiarities of growth and development of sorghum plants depending on species, varietal characteristics and fertilization of the culture in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovoykh buriakiv, 17(1), 359–362. (in Ukrainian).

19. Karazhbey, H. M., & Tehun, S. V. (2012). Produktivnist sorho zvychnyoho dvokolorovoho (*Sorghum bicolor* L.) zalezno vid rivnya mineralnogo zhyvlennya ta hustoty stoyannya [Productivity of *Sorghum bicolor* L. depending on the level of mineral nutrition and standing density]. Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buryaki, 14, 67–70 (in Ukrainian).
20. Klymovych, P. V., Sichkar, A. O., Kononenko, L. M. & Klymovych, N. M. (2011). Vplyv normy vysivu nasinnia na rist i rozvytok sorho zernovoho [The influence of seed sowing rate on the growth and development of grain sorghum]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnogo universytetu sadivnytstva, 75(1), 76–81 (in Ukrainian).
21. Klymovych, P. V. (2007). Efektyvnist doz i strokiv zastosuvannia dobryv pid sorho zernove na chornozemi opidzole-nomu Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Efficiency of doses and terms of application of fertilizers under sorghum grain on chernozem of Forest-Steppe zone of Ukraine] (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine (in Ukrainian).
22. Mekasha, A., Min, D., Bascom, N., & Vipham, J. (2021). Seeding rate effects on forage productivity and nutritive value of sorghum. *Agronomy Journal*, 9, 1–15. doi: 10.1002/agj2.20856.
23. Ovsienko, I. A. (2015) Formuvannia zernovoi produktyvnosti sorho zalezno vid ahrotekhnichnykh zakhodiv. [Formation of sorghum grain productivity depending on agrotechnical measures]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 1, 146–151. (in Ukrainian).
24. Polevyi, A. M., Bozhko, L. Yu., Volvach, O.V., & Barsukova, O. A. (2020). Agroecological conditions of formation of sorghum productivity in the southern regions of Ukraine under conditions of climate change. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 61–68 (in Ukrainian).
25. Pravdyva, L. & Fedoruk, Yu. (2021). Formuvannia pokaznykiv struktury vrozhaivosti sorho zernovoho zalezno vid sposobu sivby nasinnia ta hustoty stoiannia roslyn u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. [The formation of indicators of grain sorghum yield structure depending on the method of sowing seeds and plant density in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine] *Novitni tekhnolohii v APK: doslidzhennia ta upravlinnia*, 28(42), 215–223 (in Ukrainian). doi: 10.3329/sja.v15i2.35154
26. Prysyzhnyuk, O. I., Storozhyk, L. I., & Zavhorodnya, S. V. (2019). Ekolohichna plastychnist sorho zernovoho. [Ecological plasticity of grain sorghum]. *Novitni ahrotekhnolohiyi* (in Ukrainian).
27. Snider, J. L., Raper, R. L., & Schwab, E. B. (2012). The effect of row spacing and seed rate on biomass production and plant stand characteristics of non-irrigated photoperiodsensitive sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Industrial Crops and Products*, 37, 527–535.
28. Rouse, C., E. Burgos, N. R. Singh, V. & Earnest, L. (2020) Evaluation of sweet sorghum planting density and minimal nitrogen input, under irrigated and non-irrigated conditions, for bioethanol feedstock production, *Biofuels*, 11, 5, 577–586, doi: 10.1080/17597269.2017.1378992
29. Rozhkov, A.O. & Svyrydova, L. A. (2018) Vplyv norm vysivu, sposobiv sivby ta pohodnykh umov vechetatsii na vrozhaivist zerna hibrydiv sorho zernovoho [The influence of sowing rates, sowing methods and growing weather conditions on the grain yield of grain sorghum hybrids] . *Selektsiia i nasinnytstvo: mizhvidom. temat. zb.*, 112, 124–132. (in Ukrainian).
30. Storozhyk, L. I., & Muzyka, O. V. (2019). Osoblyvosti formuvannia produktyvnosti hibrydiv sorho tsukrovoho zalezno vid vplyvu ahrotekhnichnykh faktoriv: shyryny mizhriad, hustoty posiviv ta obrobky rehulatorom rostu [Peculiarities of molding the productivity of hybrids of sorghum fallow in the presence of agrotechnical factors: The width of the row, the density of planting and processing by the growth regulator.] *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 171–181. doi: 10.21498/2518-1017.15.2.2019.173567.
31. Svyrydova, L. A. (2017). Vplyv normy vysivu nasinnia ta sposobu sivby na minlyvist biolohichnoyi urozhaivosti zerna hibrydiv sorho zernovoho [Influence of seed sowing rate and sowing method on the variability of biological grain yield of grain sorghum hybrids]. *ScienceRise*, 9, 19–23 (in Ukrainian).
32. Svyrydova, L. A., & Rozhkov, A. O. (2017) Otsinka rozvytku posiviv sorho zernovoho za fenolohichnymy sposterezheniami [Evaluation of development of grain sorghum crops according to phenological observations] *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahraryi akademii*, 4, 18–23 (in Ukrainian).
33. Chernova, A. V. & Kovalenko, O. A. (2017). Vplyv norm vysivu nasinnia na formuvannia hustoty stoiannia roslyn sortiv sorho tsukrovoho v umovakh pivdnia Ukrainy. [The influence of seed sowing rates on the formation of plant density of sugar sorghum varieties in the conditions of southern Ukraine] *Visnyk ahraryi nauky Prychornomor'ia*, 3 (95), 129–137 (in Ukrainian).
34. Widdicombe, W.D. & Thelen, K.D. (2002) Row Width and Plant Density Effects on Corn Grain Production in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal*, 94, 1020–1023. doi: 10.2134/agronj2002.1020

Kovalenko M. O., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Zhatova H. O., Phd (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Yield of sorghum depends on sowing rates in the north-eastern forest steppe of Ukraine

Growing of crops in a certain agro-climatic zone is based on the effective use of exogenous factors and the optimal assortment of crops that can realize their productive potential under such conditions. Currently, the consequences of the stressogenic effect of increased temperature and drought are causing serious problems with the production of many traditional crops, in particular cereals.

Sorghum as a stress-resistant crop is a promising analogue of traditional grain species. In order to study the influence of certain technology elements on the formation of sorghum yield in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine in 2020–2023 (Sumy NAU), experiments were carried out to study the optimal sowing rates of different sorghum genotypes for growth, plant development and yield.

Grain sorghum hybrid and variety (Yanki and Dniprovskiy 32), and a rice-grain sorghum variety of Samaran 6 were research material. It was established that increasing the sowing rate from 160,000 psc /ha to 490,000 psc /ha of seeds affects the length of the growing season and leads to its shortening from 5 to 11 days. The thickening of sowing affects the formation of the photosynthetic apparatus of plants: the area of leaves of one plant decreases (by 0.051 m² – 0.086 m²), but the total leaf surface per unit area (m²) increases due to the increase in the number of plants. The increase in sowing rates to 490,000 seeds/ha has a negative effect on the formation of yield parameters, in particular: the coefficient of productive bushiness decreases, the weight of 1000 seeds, the number of seeds per plant and per unit area. The highest yield was provided by sowing rates of 165–330 thousand/ha of similar seeds, 4.26–4.29 t/ha (Yanki hybrid); – 3.51–3.56 t/ha (Dniprovskiy 39 variety), and 2.68 –2.02 t/ha (Samaran 6 variety). In terms of genotypes, the yield of the Yankee hybrid was the highest – 4.29, and the lowest – of the rice-grain sorghum variety Samaran 6 – 1.87 t/ha. To form a high yield of grain sorghum (Yanki, Dniprovskiy 39) and rice-grain (Samaran 6) in the north-eastern forest-steppe zone of Ukraine, the optimal sowing rates are 160–330 thousand/ha of seeds.

Key words: sorghum, varieties, hybrid, sowing rate, growth and development, yield parameters, yield.