

УДК 663.62:631.5/9

Формування продуктивності сорго цукрового в умовах Східного Лісостепу України

Сторожик Л. І.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com

Мета. Встановити особливості формування продуктивності агрофітоценозів сорго цукрового залежно від сортових особливостей, температурних режимів ґрунту за сівби культури, норм висіву насіння та густоти стояння рослин в умовах Східного Лісостепу України. **Методи.** Предметом дослідження були гібриди сорго цукрового ‘Довіста’ та ‘Медовий’, які висівали з шириною міжрядь 45 см за двох температурних режимів сівби та різних норм висіву насіння. **Результати.** За температури ґрунту 12–15 °С і норми висіву насіння 6–8 кг/га (контроль) польова схожість досліджуваних гібридів у середньому становила 81 %, густина сходів – 10,2 шт./м, за норми висіву 8–10 кг/га – 82 % і 13,1 шт./м відповідно. За температури ґрунту 16–18 °С і норми висіву 6–8 кг/га польова схожість насіння в сорго становила 83 %, густина сходів – 10,4 шт./м; за норми висіву 8–10 кг/га – 84 % та 13,5 шт./м. Кількість рослин на 1 м рядка у фазі повних сходів і перед збиранням у гібрида ‘Медовий’ у середньому за всіма варіантами становила 10,2–13,5 і 9,6–13,0 шт., у гібрида ‘Довіста’ – 7,6–13,0 і 7,0–12,4 шт.; загальна густина стояння рослин у фазі повних сходів – 224,4–297,0 і 167,2–286,0 тис. шт./га, перед збиранням – 211,2–286,0 і 154,0–278,8 тис. шт./га відповідно. У рослин гібрида ‘Медовий’ за сівби температури ґрунту 12–15 °С у середньому за роки досліджень висота становила 240,5 см, у гібрида ‘Довіста’ – 236,6 см. У разі сівби за температури ґрунту 16–18 °С рослини сорго мають дещо нижчі показники лінійного росту. Висота рослин сорго в середньому по варіантах дослідів в посівах становила 239,7–237,4 см, довжина волоті – 24,6 і 26,0 см відповідно. Найвищу продуктивність сорго цукрового отримано в гібрида ‘Медовий’ у разі сівби культури за температура ґрунту 16–18 °С із нормою висіву 8–10 кг/га: врожайність зеленої маси становила 68,8 т/га, сухої – 13,41 т/га, вміст загальних цукрів – 17,96 %, що на 4,90 і 0,95 т/га та 1,28 % відповідно більше, ніж у гібрида ‘Довіста’. Максимальний вихід біоетанолу отримано в разі сівби за температури ґрунту 16–18 °С із нормою висіву насіння 8–10 кг: у гібрида ‘Медовий’ – 2,63 т/га, у ‘Довіста’ – 2,44 т/га. За норми висіву 6–8 кг/га вихід біоетанолу зменшується в цих гібридів на 0,42 та 0,3 т/га відповідно. **Висновки.** У зоні Східного Лісостепу за сівби сорго цукрового за температури ґрунту 16–18 °С вихід його зеленої маси в середньому збільшується на 7,45 т/га, сухої маси – на 1,44 т/га, вміст загальних цукрів – на 1,94 % порівняно із сівбою за температури ґрунту 12–15 °С. За обох температурних режимів сівби сорго в разі збільшення норми висіву насіння з 6–8 до 8–10 кг/га відмічено тенденцію до зменшення висоти рослин, кількості листків і суцвіть та збільшення довжини волоті.

Ключові слова: *Sorghum saccharatum* (L.) Moench; норма висіву насіння; температурний режим ґрунту; продуктивність.

Вступ

В Україні у результаті селекції створено сорти та гібриди сорго цукрового, які забезпечують збір зеленої маси 40,0–45,0 т/га, в одній тонні якої міститься 240–260 кормових одиниць, цукристість соку таких сортів становить 18–20 %, а в деяких зразках і до 25 %. Ці сорти й гібриди рекомендовані для виробництва високоякісного силосу, а також можуть бути використані як сировина для виробництва біоетанолу [0, 2].

Природно, що вони належать до різних груп стиглості та значно різняться за біологічними показниками: висотою стебла, розміром листя, формою і довжиною волотей та

іншими ознаками, що зумовлює їх різну чутливість до агротехнічних заходів, зокрема способів сівби, норм висіву насіння, густоти стояння рослин та ін. [3, 4].

У районах достатнього зволоження за вирощування на силос і зелений корм сорго сіють широкорядним способом із шириною міжрядь 45–50 см або суцільним способом із нормою висіву насіння 12–15 і 25–30 кг/га відповідно [5].

За даними Всеросійського науково-дослідного інституту зрошуваного землеробства збільшення густоти стояння рослин сорго гібрида ‘Кормовий’ із 200 до 300–350 тис./га сприяло підвищенню збору зеленої маси до 58,7–79,7 т/га. В умовах Кубані в районах нестійкого зволоження залишають 8–10, посушливих – 6–7 рослин на 1 м рядка за сівби з шириною міжрядь 70 см і нормою висіву насіння 8–10 кг/га [3, 6, 7].

За даними дослідної станції Миколаївського інституту агропромислового виробництва оптимальною густиною стояння рослин за вирощування сорго на силос є 80–100 тис./га, на зелений корм – 250–300 тис./га, страхова надбавка – 25 % до норми висіву [8, 9].

У південних областях України найпоширенішим є широкорядний спосіб сівби з міжряддям 70 см. У зоні бурякосіяння, де в наявності є необхідна техніка для сівби й догляду за рослинами, доцільно висівати сорго із шириною міжряддя 45 см. Оптимальна норма висіву для зони Степу України для зернового сорго становить 140–160 тис. схожих насінин на 1 га, сорго цукрового – 180–200 тис., віничного – 250 тис. схожих насінин на 1 га. За рекомендаціями Геніченської дослідної станції для південної та східної частини Степу для сорго цукрового густина стояння змінюється в межах 100–120 тис. шт./га, в особливо сприятливі роки – 140 тис. шт./га схожих насінин на 1 га [6, 8].

Спостереження, проведені в північному Степу, свідчать, що за густоти стояння рослин сорго цукрового в межах 64,0–78,1 тис. шт./га врожайність його зеленої маси становила 98,3–55,2 т/га, у межах 89,0–108,0 тис. шт./га – 71,2–82,3 т/га, збір сухої маси – 11,6–11,9 і 17,1–18,2 т/га відповідно [6, 9].

Дослідження, проведені останніми роками на дослідно-селекційних станціях Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН засвідчили, що за вирощування сорго цукрового ‘Силосне 42’ із міжряддям 15 см та густиною 200, 300 та 400 тис. шт./га врожайність біомаси становила 72,7, 79,2 і 75,6 т/га, що на 13,6, 11,9 і 12,9 т/га менше, ніж у гібрида ‘Медовий’. За ширини міжрядь 30 та 45 см і такою ж густиною стояння рослин урожайність гібрида ‘Медовий’ також переважала сорт ‘Силосне 42’. Таким чином, у центральній частині Лісостепу України оптимальною густиною стояння рослин сорго цукрового є 300 тис. шт./га за ширини міжрядь 30 см [10].

Наведений аналіз наукових джерел щодо стану вивчення питання деяких елементів технології вирощування сорго дає можливість відзначити таке:

– незважаючи на значний вплив на продуктивність сорго цукрового густоти стояння рослин, наразі відсутні дані стосовно способів її формування та оптимізації в різних регіонах;

– основна причина, як на наш погляд, полягає в недостатньому вивченні цього питання залежно від сортових особливостей та способів сівби.

Таким чином, питання оптимізації густоти стояння рослин сорго за вирощування його як енергетичної культури, необхідно вирішувати творчо, зважаючи на агроекономічну доцільність і виходячи з конкретних умов.

Мета досліджень – встановити особливості формування продуктивності агрофітоценозів сорго цукрового залежно від сортових особливостей, температурних режимів ґрунту за сівби культури, норм висіву насіння та густоти стояння рослин в умовах Східного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводили в умовах Східного Лісостепу – Іванівська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Сумська обл.). Переважаючий тип ґрунтів у регіоні – чорноземи мало- та середньогумусні різною

мірою вилугувані й деградовані. Материнською породою переважно є лес. Товщина гумусового шару – 40–45 см, вміст гумусу в шарі 0–30 см – 4,5–5,0 %. За механічним складом малогумусні чорноземи, переважно крупнопилуваті легко- та середньосуглинкові.

Загальним для цих ґрунтів є їх висока насиченість обмінним кальцієм (на 80–85 %) і близька до нейтральної реакція – рН суспензії 6,1–6,6.

Гідролітична кислотність орного шару становить 2–3 мг-екв, сума ввібраних основ – 30–37 мг-екв на 100 г ґрунту. В орному шарі міститься 0,59–1 мг рухомого фосфору, 13–20 мг калію і 8–9 мг на 100 г ґрунту легкогідролізованого азоту.

Загальна пористість ґрунтів є досить високою (50–60 %) і зумовлена добре розвиненою макроструктурою в шарах Н і Н_р, а нижче – мікроструктурою. Цей ґрунт здатний накопичувати досить значні кількості продуктивної вологи (до 300 мм у півтораметровому шарі). Завдяки наявності карбонатів кальцію та магнію в материнській породі, а також внаслідок слабого промивання атмосферними опадами та високого ступеню насиченості основами, ґрунт характеризується добрими водно-фізичними властивостями. Тобто ґрунти відзначаються високою потенційною родючістю й у разі задовільного зволоження можуть забезпечити високі врожаї сільськогосподарських культур.

ГТК у роки досліджень коливався в діапазоні від 0,5 до 1,6 за середньобагаторічного значення на рівні 1,2. Загалом, період за який проведено аналіз, слід віднести до типового за всіма метеорологічними показниками для даного регіону, а саме до чітко вираженої зони нестійкого зволоження.

Об'єктом дослідження були пізньостиглий гібрид сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench.) – 'Довіста' та середньостиглий – 'Медовий' (оригінатори – Інститут сільського господарства степової зони НААН України, Синельниківська селекційно-дослідна станція). Агротехніка вирощування культури відповідала технології, прийнятій для зони Лісостепу, окрім факторів, що вивчали.

Схема досліду: *фактор А* – гібрид: 1) 'Медовий'; 2) 'Довіста'; *фактор В* – строки сівби: 1) температура ґрунту 12–15 °С – контроль; 2) температура ґрунту 16–18 °С; *фактор В* – норма висіву насіння 6–8 та 8–10 кг/га. Висівали сорго цукрове сівалкою ССТ-12Б з міжряддями 45 см. Досліди закладали методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти розміщували по ділянках послідовно [11]. Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Повторність досліду – чотириразова. У процесі досліджень застосовували загальноприйнятні методики. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин сорго проводили за Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур [12]. Початок кожної фази росту й розвитку встановлювали після її настання у 10 % рослин, повну – у 75 % рослин. Статистичний аналіз експериментальних даних виконували за допомогою пакета прикладних програм Statistica 6.0 [13].

Результати досліджень

Сорго висівали за температури ґрунту на глибині загортання насіння 12–15 та 16–18 °С. Сходи посівів сорго сформувалися на 10–15-ту добу після сівби. На перших стадіях росту рослини сорго розвивалися повільно – фазу кущіння фіксували через 28–34 доби після формування повних сходів.

Продуктивність агрофітоценозів сорго цукрового залежала як від погодних умов вегетаційного періоду, які складаються в конкретному регіоні, так і сортових особливостей, способів сівби та норми висіву насіння.

За вирощування сорго цукрового в умовах Східного Лісостепу за обох температурних режимів ґрунту густина сходів і польова схожість насіння культури були різними (табл. 1).

У гібрида 'Медовий' за температури ґрунту 12–15 °С і норми висіву насіння 6–8 кг/га (контроль) польова схожість у середньому за 2016–2018 рр. становила 81 %, густина сходів – 10,2 шт./м, за норми висіву 8–10 кг/га – 82 % і 13,1 шт./м відповідно. За температури ґрунту 16–18 °С і норми висіву 6–8 кг/га польова схожість насіння в сорго становила 83 %, густина сходів – 10,4 шт./м; за норми висіву 8–10 кг/га – 84 % та 13,5 шт./м відповідно.

Густина сходів і польова схожість насіння сорго цукрового залежно від сортових особливостей, способів сівби і норми висіву насіння (Іванівська ДСС, середнє за 2016–2018 рр.)

Варіант			Показники	
Гібрид (фактор А)	Температура ґрунту, °С (фактор Б)	Норма висіву насіння, кг/га (фактор В)	Польова схожість насіння, %	Густина сходів, шт./м
‘Медовий’	12–15	6–8 (контроль)	81	10,2
		8–10	82	13,1
	16–18	6–8	83	10,4
		8–10	84	13,5
‘Довіста’	12–15	6–8 (контроль)	80	7,6
		8–10	81	10,0
	16–18	6–8	81	10,2
		8–10	82	13,0
НІР _{0,05} (фактор А)			1,7	1,2
НІР _{0,05} (фактор Б)			2,3	1,5
НІР _{0,05} (фактор В)			2,1	1,4

Аналогічну закономірність (проте дещо менш виражену) стосовно формування показників польової схожості насіння й густоти сходів залежно від досліджуваних варіантів спостережено і в гібрида ‘Довіста’ (табл. 1).

Польова схожість насіння значною мірою залежала від погодних умов у період сівба–сходи. Зокрема, за ГТК у 2016 р. на рівні 1,1 польова схожість насіння сорго становила на всіх варіантах досліду 82–84 %, у 2017 р. (ГТК 0,5) – 76–78 %, у 2018 р. (ГТК 0,8) – 78–80 %.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що на схожість насіння сорго цукрового мають значний вплив усі основні фактори, досліджувані в роботі (рис. 1).

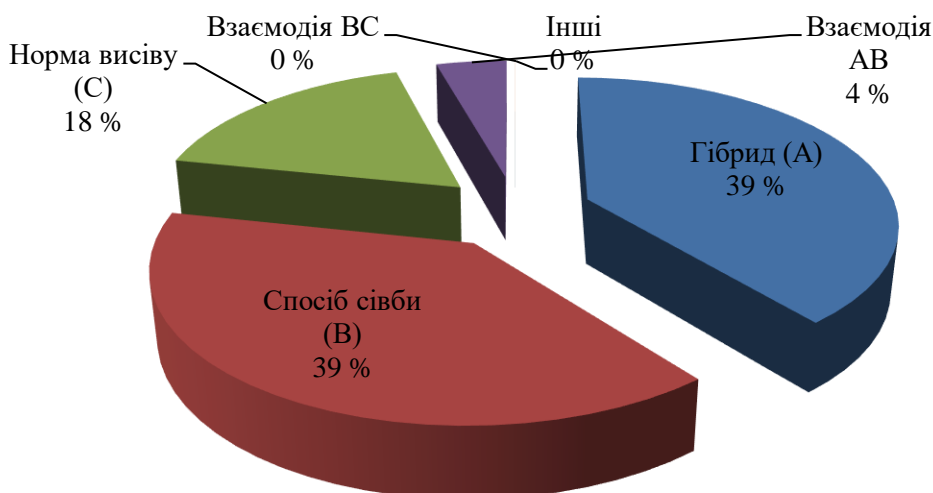


Рис. 1. Частка впливу факторів на польову схожість насіння сорго цукрового

Зокрема, найістотніший вплив на схожість насіння чинять спосіб сівби та біологічні особливості гібрида – по 39 %, а от норма висіву на цю ознаку впливає дещо менше – 18 %. Вплив решти факторів є незначним – 1–4 %.

Густота стояння рослин сорго на одиниці площі зумовлюється багатьма чинниками: сортовими особливостями, нормою висіву насіння та погодними умовами вегетаційного періоду. Оптимальне їх значення впродовж онтогенезу забезпечує рівномірний розвиток рослин, що є основною умовою стійкості рослин сорго до несприятливих умов довкілля та їх високої продуктивності.

За надмірно високої густоти стояння погіршується фотосинтетична діяльність рослин і, як наслідок, зменшується накопичення пластичних речовин, необхідних для формування стійкості рослин до несприятливих умов довкілля. Водночас, за надмірно зрідженої та, особливо, нерівномірної густоти знижується врожайність зеленої маси та збір сухої речовини.

Упродовж онтогенезу вивчали зміни густоти стояння рослин сорго залежно від сортових особливостей, температури ґрунту під час сівби культури та норми висіву насіння (табл. 2).

Результати досліджень свідчать, що кількість рослин на 1 м рядка у фазах повних сходів і перед збиранням у гібрида 'Медовий' у середньому за всіма варіантами становила 10,2–13,5 і 9,6–13,0 шт./м, у гібрида 'Довіста' – 7,6–13,0 і 7,0–12,4 шт./м відповідно; загальна густота стояння рослин у фазі повних сходів становила 224,4–297,0 і 167,2–286,0 тис. шт./га, перед збиранням – 211,2–286,0 і 154,0–278,8 тис. шт./га відповідно.

Таблиця 2

Динаміка густоти стояння рослин сорго цукрового впродовж вегетації залежно від факторів, що вивчали (Іванівська ДСС, середнє за 2016–2018 рр.)

Варіант			Фактична густота, шт./м		
Гібрид (фактор А)	Температура ґрунту, °С (фактор Б)	Норма висіву насіння, кг/га (фактор В)	у фазі повних сходів	у фазі стеблуння	перед збиранням
'Медовий'	12–15	6–8 (контроль)	10,2	9,9	9,6
		8–10	13,1	12,6	12,4
	16–18	6–8	10,4	10,0	9,6
		8–10	13,5	13,2	13,0
'Довіста'	12–15	6–8 (контроль)	7,6	7,2	7,0
		8–10	10,0	9,6	9,4
	16–18	6–8	10,2	10,1	9,8
		8–10	13,0	12,6	12,4
НІР _{0,05}			0,21	0,76	0,85

Температура ґрунту під час сівби також певною мірою вплинули на формування показника густоти стояння рослин сорго в динаміці. Зокрема, якщо в гібрида 'Медовий' за температури ґрунту 12–15 °С під час сівби у фазі повних сходів вона становила 224,4 тис. шт./га, стеблуння – 217,8, перед збиранням – 211,2 тис. шт./га, то за температури ґрунту 16–18 °С – 228,8; 220,0 і 211,2 тис. шт./га відповідно. Збільшення норми висіву насіння з 6–8 до 8–10 кг/га призводило до збільшення густоти стояння перед збиранням у гібрида 'Медовий' з 211,2 до 272,8 тис. шт./га за температури ґрунту 12–15 °С і з 211,2 до 286,0 тис. шт./га – за 16–18 °С.

У гібрида 'Довіста' зафіксовано аналогічну закономірність щодо показників густоти рослин впродовж вегетації сорго, проте їхнє значення були дещо нижчими порівняно з 'Медовий' (табл. 2).

Одним із важливих показників за вирощування сорго як енергетичної культури є отримання оптимальної густоти стояння.

Одним із показників, що характеризує ріст сорго цукрового, є висота рослин, яка залежить від сортових особливостей, способів сівби, вихідної густоти тощо (табл. 3).

У рослин гібрида 'Медовий' у разі сівби за температури ґрунту 12–15 °С у середньому за роки досліджень висота становила 240,5 см, у гібрида 'Довіста' – 236,6 см.

**Ступінь розвитку рослин сорго цукрового залежно від факторів, що досліджували
(Іванівська ДСС, середнє за 2016–2018 рр.)**

Варіант			Біометричні показники однієї рослини*			
Гібрид (фактор А)	Температура грунту, °С (фактор Б)	Норма висіву насіння, кг/га (фактор В)	висота, см	кількість листіків, шт.	довжина волоті, см	кількість суцвіть, шт.
‘Медовий’	12–15	6–8 (контроль)	242,3	10,2	23,7	14,5
		8–10	240,5	10,2	25,8	11,8
	16–18	6–8	241,6	9,6	23,2	12,3
		8–10	237,7	9,5	25,2	10,5
‘Довіста’	12–15	6–8 (контроль)	238,4	10,0	23,4	14,2
		8–10	237,6	9,8	25,4	11,4
	16–18	6–8	236,7	9,3	27,8	12,0
		8–10	233,6	9,2	28,0	10,3
НІР _{0,05}			9,5	0,37	–	1,6

*Обліки проводили у фазі воскової стиглості зерна сорго.

За сівби за температури ґрунту 16–18 °С рослини сорго мали дещо нижчі показники лінійного росту. Так, висота рослин сорго в середньому по варіантах дослід у посівах становила 239,7–237,4 см, довжина волоті – 24,6 і 26,0 см відповідно.

Певний вплив на показники лінійного росту має вихідна густина стояння рослин сорго. Так, якщо за норми висіву 6–8 кг/га висота рослини в середньому за варіантами становила 239,8 см, довжина волоті – 24,5 см, то за вихідної густоти 8–10 кг/га – 237,4 і 26,1 см відповідно. Як бачимо, у цьому випадку спостерігається тенденція до зниження висоти рослин і збільшення довжини волоті.

Стосовно інших показників росту сорго цукрового, то варто відзначити, що значення показників кількості листків та суцвіть на одну рослину були найвищими за сівби температури ґрунту 12–15 °С на варіантах із нормою висіву насіння 6–8 кг/га: у гібрида ‘Медовий’ – 10,2 і 14,5 шт./рослину, у ‘Довіста’ – 10,0 і 14,2 шт./рослину відповідно.

За сівби культури (температура ґрунту 16–18 °С) відмічено тенденцію до зменшення цих показників порівняно з показниками температури ґрунту 12–15 °С за сівби сорго (табл. 2).

Таким чином, найінтенсивніше рослини сорго цукрового розвивалися та формували наземну масу в гібрида ‘Медовий’ у посівах за норми висіву 6–8 кг/га (температура ґрунту – 12–15 °С).

У середньому за роки досліджень найвищу продуктивність сорго цукрового отримано в гібрида ‘Медовий’ у разі сівби за температура ґрунту 16–18 °С нормою 8–10 кг/га: урожайність зеленої маси становила 68,8 т/га, сухої – 13,41 т/га, уміст загальних цукрів – 17,96 %, що на 4,90 і 0,95 т/га та 1,28 % відповідно більше, ніж у гібрида ‘Довіста’ (табл. 4).

Згідно з результатами досліджень, найбільше на продуктивність сорго цукрового впливають норми висіву насіння. Наприклад, у гібрида ‘Медовий’ за сівби температури ґрунту 16–18 °С та норми висіву насіння 8–10 кг густота стояння рослин перед збиранням на 61,6 тис. шт./га, урожайність зеленої маси – на 14,1 т/га, сухої маси – на 2,8 т/га були більшими, ніж за норми висіву 6–8 кг. Аналогічну закономірність спостережено й у гібрида ‘Довіста’ (табл. 4).

На другому місці за рівнем впливу на продуктивність сорго є спосіб сівби. Наприклад, у гібрида ‘Довіста’ густота стояння рослин перед збиранням на 66,8 тис. шт./га, урожайність зеленої маси – на 6,2 т/га, сухої маси – на 1,18 т/га були більшими за температури ґрунту 16–18 °С порівняно із сівбою за температури ґрунту 12–15 °С.

Аналогічну закономірність спостережено і в гібрида ‘Медовий’ (табл. 4).

Таблиця 4

Продуктивність сорго цукрового залежно від сортових особливостей, способів сівби та норми висіву насіння (Іванівська ДСС, середнє за 2016–2018 рр.)

Варіант			Густота рослин перед збиранням, тис. шт./га	Урожайність, т/га		Вміст загальних цукрів, %
Гібрид (фактор А)	Температура ґрунту, °С (фактор В)	Норма висіву насіння, кг/га (фактор В)		зеленої маси	сухої маси	
'Медовий'	12–15	6–8 (контроль)	211,7	47,6	9,28	12,42
		8–10	272,8	61,7	12,03	16,10
	18–20	6–8	211,2	58,0	11,31	15,14
		8–10	286,0	68,8	13,41	17,96
'Довіста'	12–15	6–8 (контроль)	154,0	46,8	9,12	12,22
		8–10	206,8	61,0	11,89	15,92
	18–20	6–8	215,6	56,2	10,92	14,67
		8–10	278,8	63,9	12,46	16,68
НІР _{0,05}			А – 18,3 Б – 17,1 В – 16,5	А – 5,4 Б – 3,2 В – 2,8	А – 2,1 Б – 1,03 В – 1,15	А – 2,3 Б – 0,7 В – 0,6

Дещо менший вплив на продуктивність сорго цукрового мають сортові особливості. За вирощування гібрида 'Медовий' за температури ґрунту 12–15 °С із нормою висіву 8–10 кг/га врожайність зеленої маси становила 61,7 т/га, що на 0,7 т/га більше, ніж у гібрида 'Довіста' (61,0 т/га).

На продуктивність сорго цукрового мали певний вплив і погодні умови. Так, у 2016 році за значення ГТК вегетаційного періоду 1,1 врожайність зеленої маси в середньому за всіма варіантами дослідів становила 59,4 т/га, у 2017 році (ГТК 0,9) – 53,3 т/га відповідно. В інші роки зазначена тенденція зберігалась.

За результатами дисперсійного аналізу визначено частку впливу факторів на врожайність зеленої і сухої маси та вміст загальних у стеблах сорго цукрового. Встановлено, що на всіх варіантах дослідів частка впливу фактора норми висіву на врожайність зеленої маси становить 67 %, способу сівби – 27 %, сортових особливостей – 2,0 % (рис. 2).

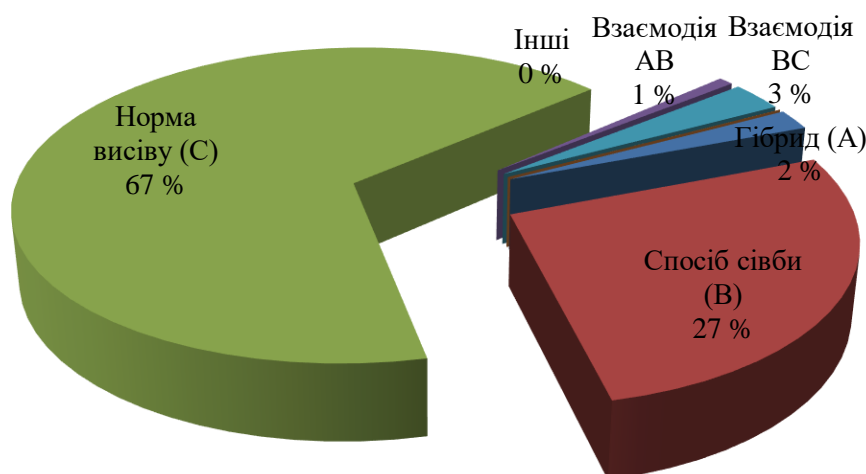


Рис. 2. Частка впливу факторів на врожайність зеленої маси сорго цукрового

Водночас основним фактором, який впливає на врожайність сухої маси в рослинах сорго цукрового є сортові особливості. Частка їх впливу становила в цьому разі 69 %, норм висіву насіння сорго – 9 %, способу сівби – 7 % (рис. 3).

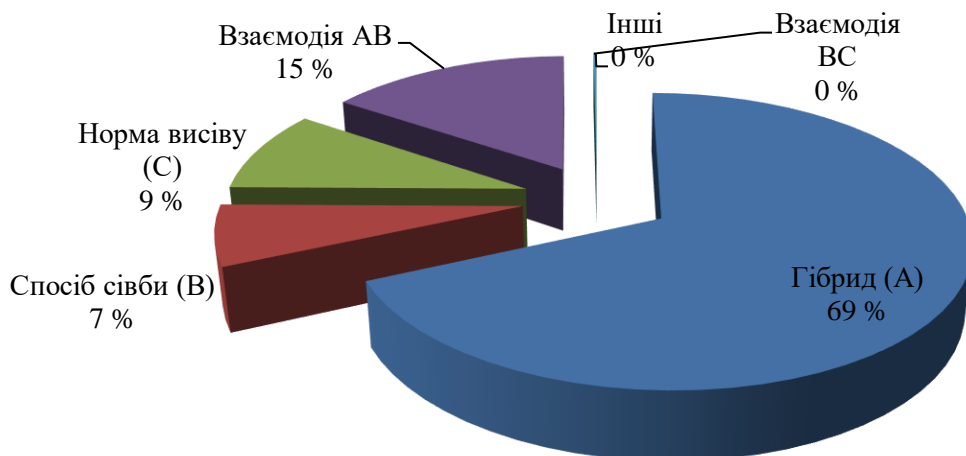


Рис. 3. Частка впливу факторів на врожайність сухої маси сорго

Найвагомішим фактором впливу на формування показника вмісту загальних цукрів є спосіб сівби – 59 %, частка впливу норми висіву насіння сорго становить 40 %, сортових особливостей – 1 % (рис. 4).

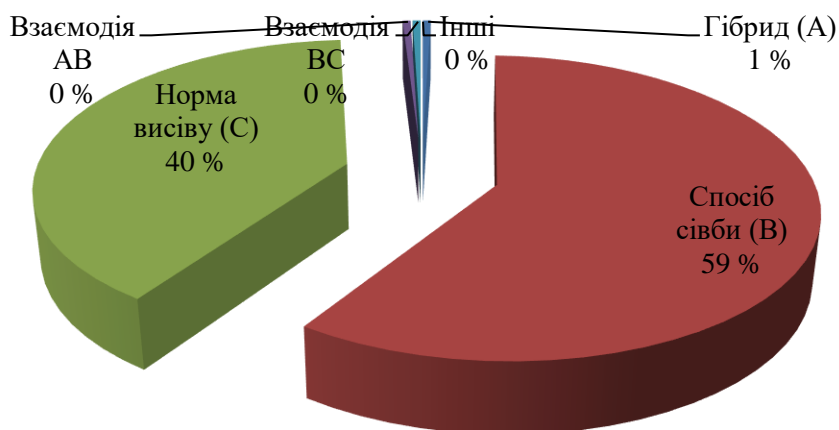


Рис. 4. Частка впливу факторів на вміст загальних цукрів у стеблах сорго цукрового

На основі проведеного аналізу стабільності та пластичності показників продуктивності сорго цукрового залежно від сортових особливостей, способів сівби та норми висіву насіння визначено варіанти за яких досліджувані гібриди є пластичними (табл. 5).

Встановлено, що гібрид 'Медовий' за врожайністю зеленої маси є пластичним за умови сівби культури з температурою ґрунту 12–15 °С та нормою висіву насіння 8–10 кг/га або ж за аналогічної норми висіву та з температурою ґрунту 16–18 °С. Аналогічні закономірності було отримано й для показників урожайності сухої маси та вмісту загальних цукрів цього гібрида. Слід зауважити, що гібрид 'Довіста' має високі значення пластичності показників продуктивності у разі сівби обох норм висіву насіння.

На основі проведеного аналізу встановлено приналежність гібридів сорго цукрового за ознаками стабільності та пластичності елементів продуктивності залежно від сортових особливостей, способів сівби та норми висіву насіння до інтенсивних або екстенсивних за типом реакції на елементи технології вирощування (табл. 6). Отже, гібрид 'Медовий'

проявляє себе як гібрид інтенсивного типу за показниками врожайності та вмісту цукрів у разі сівби з нормою висіву насіння 8–10 кг/га за обох температурних режимів ґрунту.

Таблиця 5

Стабільність та пластичність показників продуктивності сорго цукрового залежно від сортових особливостей, способів сівби та норми висіву насіння (Іванівська ДСС, середнє за 2016–2018 рр.)

Варіант			Урожайність зеленої маси		Урожайність сухої маси		Вміст загальних цукрів	
Гібрид (фактор А)	Температура ґрунту, °С (фактор В)	Норма висіву насіння, кг/га (фактор В)	пластичність (b)	стабільність (W)	пластичність (b)	стабільність (W)	пластичність (b)	стабільність (W)
8–10	1,10	$6,15 \times 10^4$	1,10	$1,39 \times 10^3$	1,20	$1,65 \times 10^3$		
	16–18	6–8	0,69	$6,43 \times 10^4$	1,00	$1,40 \times 10^3$	0,99	$1,83 \times 10^3$
		8–10	1,65	$5,65 \times 10^4$	1,23	$1,21 \times 10^3$	1,17	$1,56 \times 10^3$
‘Довіста’	12–15	6–8 (к)	0,87	$6,61 \times 10^4$	0,87	$1,44 \times 10^3$	0,88	$1,96 \times 10^3$
		8–10	1,05	$5,62 \times 10^4$	0,97	$1,45 \times 10^3$	1,05	$1,90 \times 10^3$
	16–18	6–8	1,64	$5,93 \times 10^4$	1,11	$1,40 \times 10^3$	1,00	$1,93 \times 10^3$
		8–10	1,12	$5,41 \times 10^4$	1,17	$1,17 \times 10^3$	1,34	$1,80 \times 10^3$

Гібрид ‘Довіста’ за умови сівби з температурою ґрунту 16–18 °С за норми висіву насіння 8–10 кг/га належить за нормою реакції до гібридів інтенсивного типу – тобто позитивно реагує підвищенням урожайності на застосування елементів технології вирощування.

Таблиця 6

Класифікація гібридів сорго цукрового за ознаками стабільності та пластичності залежно від сортових особливостей, способів сівби та норми висіву насіння (Іванівська ДСС, середнє за 2016–2018 рр.)

Варіант			Урожайність зеленої маси	Урожайність сухої маси	Вміст загальних цукрів
Гібрид (фактор А)	Температура ґрунту, °С (фактор В)	Норма висіву насіння, кг/га (фактор В)			
‘Медовий’	12–15	6–8 (к)	*_	–	–
		8–10	інтенсивний	–	інтенсивний
	16–18	6–8	–	–	–
		8–10	інтенсивний	інтенсивний	інтенсивний
‘Довіста’	12–15	6–8 (к)	–	–	–
		8–10	екстенсивний	–	–
	16–18	6–8	–	–	–
		8–10	інтенсивний	інтенсивний	інтенсивний

*– достовірно не відрізняється від середніх значень.

Аналіз енергетичної ефективності вирощування сорго цукрового розрахунковим методом засвідчив, що максимальний вихід біоетанолу отримано за сівби за температури ґрунту 16–18 °С і нормою висіву насіння 8–10 кг: у гібрида ‘Медовий’ – 2,63 т/га, у гібрида ‘Довіста’ – 2,44 т/га. За норми висіву 6–8 кг/га вихід біоетанолу зменшується на 0,42 т/га у гібрида ‘Медовий’ і на 0,3 т/га у ‘Довіста’ (табл. 7).

За сівби сорго з температурою ґрунту 12–15 °С вихід біоетанолу в середньому за всіма варіантами дослідів був на 0,29 т/га менше, ніж у разі сівби за температури ґрунту 16–18 °С.

За вирощування сорго гібрида 'Медовий' вихід твердого біопалива становив 12,01–14,33 т/га, гібрида 'Довіста' – 11,63–13,28 т/га за сівби культури з температурою ґрунту 16–18 °С. За сівби з температурою ґрунту 12–15 °С ці показники були дещо меншими.

Таблиця 7

**Енергетична ефективність вирощування сорго цукрового
залежно від сортових особливостей, способів сівби і норми висіву насіння
(Іванівська ДСС, середнє за 2016–2018 рр.)**

Варіант			Вихід:		
Гібрид (фактор А)	Температура ґрунту, °С (фактор Б)	Норма висіву насіння, кг/га (фактор В)	біоетанолу, т/га	твердого біопалива, т/га	енергії, ГДж/га
'Медовий'	12–15	6–8 (к)	1,80	9,80	201,3
		8–10	2,36	12,83	263,5
	16–18	6–8	2,21	12,01	247,3
		8–10	2,63	14,33	295,0
'Довіста'	12–15	6–8 (к)	1,77	9,61	197,8
		8–10	2,32	12,70	260,5
	16–18	6–8	2,14	11,63	239,3
		8–10	2,44	13,28	273,3

Найвищі показники виходу енергії отримано на варіантах, де температура ґрунту на період сівби була 16–18 °С, а норма висіву насіння 8–10 кг/га: у гібрида 'Медовий' – 295,0 ГДж/га, у 'Довіста' – 273,3 ГДж/га.

Найменший вихід енергії зафіксовано за сівби сорго за температури ґрунту 12–15 °С із нормою висіву насіння 6–8 кг/га: у гібрида 'Медовий' – 201,3 ГДж/га, у 'Довіста' – 197,8 ГДж.

Висновки

1. У зоні Східного Лісостепу в разі сівби сорго за температури ґрунту 16–18 °С вихід зеленої маси сорго цукрового в середньому збільшується на 7,45 т/га, сухої маси – на 1,44 т/га, вміст загальних цукрів – на 1,94 % порівняно із сівбою за температури ґрунту 12–15 °С.

2. За обох температурних режимів сівби сорго в разі збільшення норми висіву насіння сорго з 6–8 до 8–10 кг/га відзначено тенденцію до зменшення висоти рослин, кількості листків і суцвіть та збільшення довжини волоті;

3. Незалежно від сортових особливостей густота стояння рослин сорго перед збиранням на 30,5–42,6 тис. шт./га, урожайність зеленої маси – на 5,0–9,9 т/га, сухої маси – на 0,97–1,91 т/га, вміст загальних цукрів – на 1,31–2,58 % були більшими в разі сівби сорго за температури ґрунту 16–18 °С порівняно з 12–15 °С.

4. У середньому за роки досліджень найвищу продуктивність агрофітоценозів сорго цукрового та енергетичні показники отримано в гібрида 'Медовий' порівняно з гібридом 'Довіста'.

5. За результатами дисперсійного аналізу частка впливу фактора норми висіву на врожайність зеленої маси сорго цукрового становить 67 %, способу сівби – 27 %, сортових особливостей – 2,0 %; на врожайність сухої маси – 9; 7 і 69 %; на вміст загальних цукрів – 40; 59 і 4 % відповідно.

Використана література

1. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалива в Україні. Київ : Аграрна наука, 2008. 464 с.

2. Сторожик Л. І. Перспективи вирощування сорго цукрового, як альтернативного джерела енергії. *Цукрові буряки*. 2011. № 2. С. 20–21.
3. Макаров Л. Х. Соргові культури. Херсон : Айлант, 2006. 263 с.
4. Особенности технологии возделывания и использования сорговых культур в районах недостаточного увлажнения Юго-Востока Российской Федерации / под ред. А. Г. Ишина. Саратов, 2008. 54 с.
5. Архипенко Ф. М., Слюсар С. М. Сорго – перспективи вирощування. *Агроном*. 2006. № 4. С. 82–83.
6. Особливості технологічного забезпечення вирощування сільськогосподарських культур в умовах 2001 року в Степовій зоні України. Дніпропетровськ : Роял-Принт, 2011. 96 с.
7. Григоренкова Е. Н., Кадралиев Д. С. Агробиологические особенности сорго. *Материалы докладов итоговой научной конференции Астраханского государственного педагогического ун-та* (Астрахань, 29 апреля 1997 г.). Астрахань, 1997. С. 62.
8. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти / за ред. Л. О. Клименка. Дніпропетровськ : Роял Принт, 2011. 60 с.
9. Сторожик Л. І., Сергеева І. О. Моніторинг агрофітоценозів соргового поля. *Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 345–348.
10. Герасименко Л. А. Ріст і розвиток рослин сорго цукрового за різних строків сівби та глибини загортання насіння в умовах Центрального Лісостепу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2013. № 1. С. 76–78. doi: 10.21498/2518-1017.1(18).2013.58764
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 2: Зернові, круп'яні та зернобобові культури / за ред. В. В. Волкодава. Київ : Алефа, 2001. 65 с.
13. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

References

1. Kaletnyk, H. M. (2008). *Rozvytok rynku biopalyva v Ukraini* [Development of biofuel market in Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
2. Storozhyk, L. I. (2011). Prospects for growing sugar sorghum as an alternative source of energy. *Tsukrovi buriaky* [Sugar beet], 2, 20–21. [in Ukrainian]
3. Makarov, L. Kh. (2006). *Sorhovi kultury* [Sorghum Crops]. Kherson: Ailant. [in Ukrainian]
4. Ishin, A. G. (Ed.). (2008). *Osobennosti tekhnologii vozdelevaniya i ispol'zovaniya sorgovykh kul'tur v rayonakh nedostatochnogo uvlazhneniya Yugo-Vostoka Rossiyskoy Federatsii* [Features of the technology of growing and use of commercial crops in areas of insufficient moisture of the South-East of the Russian Federation]. Saratov: N.p. [in Russian]
5. Arkhypenko, F. M., & Sliusar, S. M. (2006). Sorghum – Growing prospects. *Ahronom* [Agronomist], 4, 82–83. [in Ukrainian]
6. *Osoblyvosti tekhnolohichnoho zabezpechennia vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v umovakh 2001 roku v Stepovii zoni Ukrainy* [Features of technological support for growing crops in 2001 in the Steppe zone of Ukraine] (2011). Dnipropetrovsk: Roial-Prynt. [in Ukrainian]
7. Grigorenkova, E. N., & Kadraliev, D. S. (1997). Agrobiological features of sorghum. In *Materialy dokladov itogovoy nauchnoy konferentsii Astrakhanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Materials reports of the final scientific conference of Astrakhan State Pedagogical University] (p. 62). Apr. 29, 1997, Astrakhan, Russian Federation. [in Russian]
8. Klymenko, L. O. (Ed.). (2011). *Sorhovi kultury: tekhnolohiia, vykorystannia, hibrydy ta sorty* [Cereals: technology, use, hybrids and varieties]. Dnipropetrovsk: Roial Prynt. [in Ukrainian]
9. Storozhyk, L. I., & Serhieieva, I. O. (2014). Monitoring of agrophytocenoses of sorghum field. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 14, 345–348. [in Ukrainian]

10. Herasyenko, L. A. (2013). Growth and development of sugar sorghum (*Sorghum saccharatum* L. Pers.) plants at different terms of sowing and seeding depth in the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 1, 76–78. doi: 10.21498/2518-1017.1(18).2013.58764

11. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5nd ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]

12. Volkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vyp. 2. Zernovi, krupiani ta zernobobovi kultury* [The method of state variety testing of agricultural crops. Vol. 2. Grain, cereals and leguminous plants]. Kyiv: Alefa. [in Ukrainian]

13. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsaltnh. [in Ukrainian]

УДК 663.62: 631.5/9

Сторожик Л. И. Формирование продуктивности сорго сахарного в условиях Восточной Лесостепи Украины // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вып. 26. С. 91–103.

Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com

Цель. Установить особенности формирования продуктивности агрофитоценозов сорго сахарного в зависимости от сортовых особенностей, температурных режимов почвы при посеве культуры, норм высева семян и густоты стояния растений в условиях Восточной Лесостепи Украины. **Методы.** Предметом исследования были гибриды сорго сахарного ‘Довиста’ и ‘Медовый’, которые сеяли с шириной междурядий 45 см при двух температурных режимах почвы и различных нормах высева семян. **Результаты.** При температуре почвы 12–15 °С и нормы высева семян 6–8 кг/га (контроль) полевая всхожесть исследуемых гибридов в среднем составляла 81 %, густота всходов – 10,2 шт./м, при норме высева 8–10 кг/га – 82 % и 13,1 шт./м соответственно. При температуре почвы 16–18 °С и нормы высева 6–8 кг/га полевая всхожесть семян сорго составила 83 %, густота всходов – 10,4 шт./м; при норме высева 8–10 кг/га – 84 % и 13,5 шт./м. Количество растений на 1 м рядка в фазе полных всходов и перед уборкой у гибрида ‘Медовый’ в среднем по всем вариантам составила 10,2–13,5 и 9,6–13,0 шт., у гибрида ‘Довиста’ – 7,6–13,0 и 7,0–12,4 шт.; общая густота стояния растений в фазе полных всходов – 224,4–297,0 и 167,2–286,0 тыс. шт./га, перед уборкой – 211,2–286,0 и 154,0–278,8 тыс. шт./га соответственно. У растений гибрида ‘Медовый’ при посеве при температуре почвы 12–15 °С в среднем за годы исследований высота составляла 240,5 см, у гибрида ‘Довиста’ – 236,6 см. В случае сева при температуре почвы 16–18 °С растения сорго отмечено несколько более низкие показатели линейного роста. Высота растений сорго в среднем по вариантам опыта в посевах составляла 239,7–237,4 см, длина метелки – 24,6 и 26,0 см соответственно. Наивысшую продуктивность сорго сахарного получено у гибрида ‘Медовый’ в случае сева культуры при температуре почвы 16–18 °С нормой высева 8–10 кг/га: урожайность зеленой массы составила 68,8 т/га, сухой – 13,41 т/га, содержание общих сахаров – 17,96 %, что на 4,90 и 0,95 т/га и 1,28 % соответственно больше, чем у гибрида ‘Довиста’. Максимальный выход биоэтанола получено в случае сева при температуре почвы 16–18 °С с нормой высева семян 8–10 кг: у гибрида ‘Медовый’ – 2,63 т/га, у ‘Довиста’ – 2,44 т/га. При норме высева 6–8 кг/га выход биоэтанола уменьшается у этих гибридов на 0,42 и 0,3 т/га соответственно. **Выводы.** В зоне Восточной Лесостепи Украины при посеве сорго сахарного с температурой почвы 16–18 °С выход зеленой массы сорго в среднем увеличивается на 7,45 т/га, сухой массы – на 1,44 т/га, содержание общих сахаров – на 1,94 % по сравнению с посевом при температуре почвы 12–15 °С. При обоих температурных режимах сева сорго в случае увеличения нормы высева семян с 6–8 до 8–10 кг/га отмечено тенденцию к уменьшению высоты растений, количества листьев и соцветий и увеличение длины метелки.

Ключевые слова: *Sorghum saccharatum* (L.) Moench; норма высева семян; температурный режим почвы; продуктивность.

UDC 633.63: 631.51: 631.416.1

Storozhyk, L. I. (2018). Formation of sugar sorghum productivity in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 26, 91–103. [in Ukrainian]

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com

Purpose. To explore the peculiarities of sugar sorghum productivity as affected by varietal characteristics, soil temperature conditions, seeding rate and plant density under the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Sorghum hybrids ‘Dovista’ and ‘Medovyi’ sown with a row spacing of 45 cm at two soil temperature conditions and various seeding rate. **Results.** At a soil temperature 12 to 15 °C and seeding rate 6 to 8 kg/ha (control), field germination averaged 81% at a plant density of 10.2 pts/m; at the seeding rate 8 to 10 kg/ha field germination was 82% and plant density 13.1 pts/m. At a soil temperature 16 to 18 °C and seeding rate 6 to 8 kg/ha, field germination was 83% and plant density 10.4 pts/m; for seeding rates 8 to 10 kg/ha these values were 84% and 13.5 pts/m, respectively. The number of plants per 1 m of a row in the phase of complete germination and before harvesting in all treatments with hybrid ‘Medovyi’ averaged to 10.2–13.5 and 9.6–13.0 pts/m; in the treatments with hybrid ‘Dovista’ these values were 7.6–13.0 and 7.0–12.4 pts/m, respectively. Plant density in the phase of complete germination was 224.4 to 297.0 and 167.2 to 286.0 thousand pts/ha, while before harvesting 211.2 to 286.0 and 154.0 to 278.8 thousand pts/ha, respectively. Plant heights of hybrid ‘Medovyi’ sown at a soil temperature 12 to 15 °C, was 240.5 cm on average over the years of research, while plants of hybrid ‘Dovista’ reached 236.6 cm. In the case of planting at a soil temperature 16 to 18 °C, sorghum plants demonstrated slightly lower growth rates. The height of the sorghum plants averaged 239.7–237.4 cm and panicle length 24.6 and 26.0 cm, respectively. The highest yield of sugar sorghum was ensured by hybrid ‘Medovyi’ planted at a soil temperature of 16–18 °C at a seeding rate 8 to 10 kg/ha. The yield of green mass was 68.8 t/ha, the yield of dry mass 13.41 t/ha, the total sugar content 17.96%, exceeding hybrid ‘Dovista’ by 4.90, 0.95 t/ha, and 1.28%, respectively. The maximum yield of bioethanol was obtained in the case of seeding at a soil temperature 16 to 18 °C at a seeding rate 8 to 10 kg: 2.63 t/ha in ‘Medovyi’ and 2.44 t/ha in ‘Dovista’. At the seeding rate 6 to 8 kg/ha, the bioethanol yield decreases by 0.42 and 0.3 t/ha, respectively. **Conclusions.** In the zone of the Eastern Forest-Steppe, for sowing sorghum at a soil temperature of 16–18 °C, the yield of green mass increased by an average of 7.45 t/ha and dry mass by 1.44 t/ha; the total sugar content increased by 1.94% as compared with sowing at a soil temperature 12 to 15 °C. For both temperature conditions, increase in seeding rate from 6–8 kg/ha to 8–10 kg/ha revealed a tendency of decreasing plant height and the number of leaves and inflorescences and at the same time increasing panicle length.

Keywords: *Sorghum saccharatum* (L.) Moench; seeding rate; soil temperature condition; productivity.

Надійшла / Received 12.09.2018

Погоджено до друку / Accepted 28.09.2018