

ЕНЕРГЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗЕРНОВОГО ТА СОРИЗУ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ НАСІННЯ

Правдива Л. А., канд. с.-г. наук, с.н.с.

e-mail: bioplant_@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5510-3934>

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Анотація

У статті представлені результати досліджень впливу строків сівби насіння на енергетичну продуктивність сорго зернового та соризу.

Мета роботи. Дослідити вплив строків сівби насіння на енергетичну продуктивність сорго зернового та соризу сортів Дніпровський 39 і Самаран 6 в умовах східної частини Лісостепу України.

Методи. У дослідженні застосовували польовий метод, який включає вивчення біологічних і екологічних особливостей росту і розвитку, продуктивності і якості досліджуваної культури; лабораторний – використовували для досліджень взаємозв'язку між рослиною і середовищем; математично-статистичний – включав опрацювання експериментальних даних для підвищення обґрунтованості висновків.

Результати. Висока урожайність зерна та біомаси сорго і соризу отримана за сівби насіння у першій декаді травня (II строк сівби), коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 12-14 °С. У сорго зернового сорту Дніпровський 39 та соризу сорту Самаран 6 урожайність зерна становила 7,1 та 6,4 т/га, біомаси – 37,4 та 35,9 т/га. Найбільший вихід біоетанолу та твердого палива отримано на цьому ж варіанті досліду. Найвищий вихід енергії отримали за сівби насіння у першій декаді травня і дорівнював 199,3 ГДж/га у сорту Дніпровський 39 та 187,9 ГДж/га у сорту Самаран 6. У твердому паливі зосереджено близько 71,0-72,0 % (140,8 та 135,2 ГДж/га) цієї енергії і у біоетанолі лише 28-29 % (51,1 та 52,7 ГДж/га).

Висновки. Досліджено, що урожайність зерна та біомаси сорго й соризу найбільше залежить від строків сівби насіння – 29,2 %, значно менший був ступінь впливу сортів і становив 8,1 %. Встановлено, що порівняно з оптимальними строками сівби – перша та друга декади травня, сівба насіння у третій декаді квітня (I строк сівби) знижує урожайність зерна на 4,2-12,6 % у сорту Дніпровський 39 та на 4,7-9,4 % у сорту Самаран 6; надземної маси на 4,8-9,6 % і на 6,4-10,6 %, відповідно. Кореляційно-регресійний аналіз даних свідчить про тісний зв'язок між урожайністю та виходом біопалива. Коефіцієнт кореляції за таких умов склав $R=1$, коефіцієнт детермінації – $R^2=1$. Між урожайністю і виходом енергії також спостерігається сильна кореляція де $R=1$, коефіцієнт детермінації – $R^2=1$.

Ключові слова: сорти, урожайність, вихід біетанолу та твердого палива, вихід енергії.

Вступ. Останніми роками у світі велику увагу приділяють пошуку способів використання енергоресурсів, які отримують з поновлюваних джерел енергії, особливо, використанням рослинної сировини. Це пов'язано з нестабільністю цін на викопні джерела енергії і загрозою вичерпання їхніх запасів. Вважається, що в найближчій перспективі питома вага біопалива в загальних світових обсягах пального становитиме 7-10 % з подальшим зростанням.

У структурі енергетичного балансу України, переважають традиційні види палива, зокрема імпортовані нафтопродукти, що негативно впливає на рівень енергетичної безпеки держави, конкурентоспроможність вітчизняної продукції та стан навколишнього природного середовища. [Бузовський, 2007; Федорчук, 2017].

Альтернативні технології вирощування та перероблення біомаси сільськогосподарських культур створюють нові вироб-

ництва і робочі місця, водночас значно збільшуючи податкові надходження в місцеві бюджети. Використання сировини сільськогосподарських культур як палива, окрім отримання дешевої енергії, знизить витрати на їхню утилізацію. Вивільнення коштів, призначених на закупівлю і на доставку енергоносіїв, дасть можливість перерозподілу статей бюджету на користь соціальної сфери [Гументик та ін., 2018].

У прогнозі енергетичної стратегії України на період до 2030 року (затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 р. №145-р) планується, що енергетичне використання всіх видів біомаси здатне забезпечити заміщення 9,2 млн. тонн у. п. викопних палив щорічно, зокрема завдяки енергетичному використанню залишків сільськогосподарських культур, зокрема, соломи – 2,9 млн. тонн у. п., дров та відходів деревини – 1,6 млн. тонн у. п., торфу – 0,6 млн. тонн у. п., твердих побутових відходів – 1,1 млн. тонн у. п., одержання та використання біогазу – 1,3 млн. тонн у. п., виробництва паливного етанолу та біодизеля – 1,8 млн. тонн у. п. [Гелетуха та ін., 2006].

Пошук перспективної сировини для виробництва біогазу, біодизеля, біоетанолу, бутанолу та твердого біопалива є актуальним завданням сьогодення [Балан та ін., 2010].

До енергетичних злакових культур належать міскантус, світчграс, сорго та ін. Головними вимогами до культур, які використовуються в біоенергетиці, є собівартість продукції та забезпечення стабільної сировинної бази [Роїк та ін., 2010; Дремлюк та ін., 2013; Олекшій та ін. 2020].

Соргові культури є поширеними культурами світового землеробства і використовуються людством для укріплення й розширення кормової бази, а також це цінна хлібна і технічна культура. За площами вирощування вони займають п'яте місце у світі після пшениці, рису, кукурудзи і ячменю. Площі посіву становлять майже 50 млн. га кожного року. Вирощується в більш як 85 країнах світу

[Дзюбецький, 2014].

Тому враховуючи цінність і універсальність використання культур дослідження з впливу строків сівби насіння сорго зернового і соризу на енергетичну продуктивність в умовах східної частини Лісостепу України є актуальними і мають наукову новизну.

Постановка завдання. Останнім часом соргові культури розглядають як енергетичну сировину, які навіть за несприятливих умов вирощування формують високу продуктивність як зерна, так і біомаси, що дає можливість використовувати їх як відновлювальне джерело для виготовлення різних видів біопалив та екологічних технологій [Mullet та ін., 2014; Anami та ін., 2015; Dahlberg, 2019].

За даними досліджень різних науковців відомо, що отримання високої врожайності сорго та соризу залежить від елементів технології вирощування, а саме від строків сівби [Овсієнко, 2015; Abdelhalim, 2019; Vegna, 2021]. Обґрунтовуючи їх можна вплинути на ріст і розвиток рослин, і відповідно на формування продуктивності досліджуваних соргових культур. Тому основним завданням було вивчити строки сівби насіння сорго зернового та соризу як енергетичних культур для виробництва біопалива – біоетанолу і твердого палива.

Мета роботи – дослідити вплив строків сівби насіння на енергетичну продуктивність сорго зернового та соризу сортів Дніпровський 39 та Самаран 6 в умовах східної частини Лісостепу України.

Методи і матеріали. У дослідженні застосовували польовий метод, який включає вивчення біологічних і екологічних особливостей росту і розвитку, продуктивності і якості досліджуваної культури; лабораторний – використовували для досліджень взаємозв'язку між рослиною і середовищем; математично-статистичний – включав опрацювання експериментальних даних для підвищення обґрунтованості висновків.

Дослідження проводили в зоні нестійкого зволоження східної частини Лісостепу України, в умовах Іванівської

Таблиця 1 – Схема досліду

Фактор А: – сорт	Фактор В:– строки сівби насіння
Дніпровський 39 (сорго зернове)	1. III декада квітня (температура ґрунту 5–6 оС на глибині 10 см)
	2. I декада травня (температура ґрунту 12–14 оС на глибині 10 см)
Самаран 6 (сориз)	3. II декада травня (температура ґрунту 16–18 оС на глибині 10 см)

дослідно–селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, впродовж 2016–2020 рр. за такою схемою (табл. 1).

Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 30 м², повторність досліду – чотириразова. Дослід закладається за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти досліду розміщуються по ділянках послідовно. Насіння висівали на глибину 4–6 см, ширина міжрядь становила 45 см, 200 тис. шт./га (8–9 схожих насінин на 1 м рядка).

Енергетичну продуктивність, а саме розрахунковий вихід біоетанолу, твердого біопалива і енергії виконували за методикою, розробленою в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Вихід біоетанолу обчислювали з урахуванням урожайності зерна, яке під час збирання містить у середньому близько 86 % сухої речовини і 75 % крохмалю; вихід твердого палива, з урахуванням урожайності біомаси, її сухої речовини та вологості твердого біопалива – 10 % [Роїк та ін., 2020].

Вміст крохмалю в зерні визначали поляриметричним методом за Еверсом. Сорго і сориз збирали у фазі повної стиглості, коли вологість зерна становила 14 %.

Результати досліджень опрацьовували, використовуючи статистичні методи програмою Statistica 6 [Ермантраут, 2007].

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий слабосолонцюватий важкосуглинковий. В орному шарі ґрунту (0–30 см) міститься: гумусу – 4,5–4,7 % (за Тюрнімом); рН водне – 7,2–7,4; лужно-гідролізованого азоту – 180 мг/кг ґрунту; вміст P₂O₅ – 19–20 мг/кг, K₂O – 100–110 мг/кг ґрунту (за Мачигінімом). Ємкість поглинан-

ня обмінних катіонів становить 26–31 мг-екв на 100 г ґрунту. Залягання ґрунтових вод спостерігається на глибині 15–20 м, відповідно сільськогосподарські культури для свого росту і розвитку використовують вологу, яка накопичується у

ґрунті з атмосферних опадів.

У досліді використовували такі сорти: – сорт сорго зернового Дніпровський 39 – оригінатор Синельниківська СДС ДУ Інститут зернових культур НААНУ. З 2000 року занесений до Реєстру сортів рослин України. Ранньостиглий. Дозріває за 100–105 діб після сходів. Напрям вирощування – зерно. Потенційна урожайність 6–7 т/га.

– сорт соризу Самаран 6 – оригінатор ДУ ІЗК НААНУ. Ранньостиглий. Дозріває за 105 –120 днів. Посухостійкий, стійкий до вилягання, хвороб і шкідників. Стійкий до обсіпання. Урожайність зерна – до 3,5–4,8 т/га.

Досліджувані сорти добре реагують на зрошення та високий агрофон.

У роки проведення досліджень температура повітря перевищувала середні багаторічні дані. Найбільш посушливим був 2018 рік, температура повітря перевищувала середні багаторічні показники в середньому на 3,5 °С. У 2016, 2017, 2019 та 2020 роках за вегетаційний період температура повітря перевищувала середні багаторічні значення в середньому на 2,2; 1,8; 2,4 та 2,2 °С, відповідно.

Щодо кількості опадів, то у 2016 році за квітень–вересень їхня сума становила 372 мм, що більше за середні багаторічні показники на 43,0 мм. Кількість опадів у 2017 році за період вегетації була меншою на 120,0 мм порівняно з середньо-багаторічними даними. У 2018 році в середньому за період вегетації випало 230,0 мм опадів, що менше на 99,0 мм за середньо-багаторічні показники.

У 2019 та 2020 роках сума опадів за період вегетації (квітень–вересень) дорівнювала 228,0 та 300 мм, що було менше за

середні багаторічні значення на 101,0 мм та 29,0 мм, відповідно.

Загалом метеорологічні умови в роки проведення досліджень були сприятливими для вирощування сорго і соризу в умовах східної частини Лісостепу України.

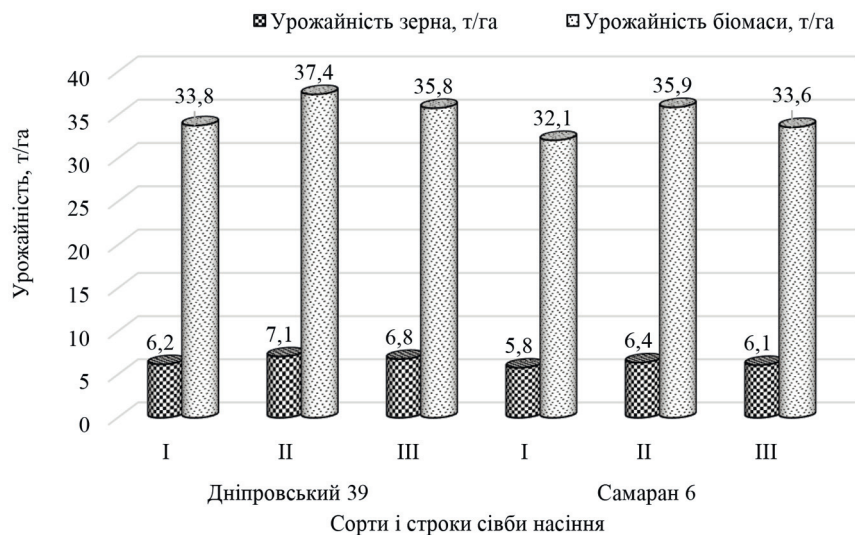
Результати. За результатами досліджень встановлено, що за різних строків сівби насіння сорго змінювались урожайність зерна та надземної маси, вихід біоетанолу з зерна та вихід твердого палива з біомаси і вихід енергії.

Найвищу урожайність зерна та біомаси сорго і соризу отримали за сівби насіння у першій декаді травня (II строк сівби), коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 12–14 °С (рис. 1). У сорту Дніпровський 39 та Самаран 6 урожайність зерна становила 7,1 та 6,4 т/га, біомаси – 37,4 та 35,9 т/га. За сівби насіння у третій декаді квітня (I строк) урожайність зерна була нижчою на 12,7 та 9,4 %, біомаси на 9,6 та 10,6 %. Сівба насіння у другій декаді травня (III строк) призводить до незначного зниження урожайності зерна на 4,2 % у сорту Дніпровський 39 та на 4,7 % у сорту Самаран 6, а біомаси на 4,3 та 6,4 % відповідно.

За дисперсійним аналізом (рис. 2) встановлено, що урожайність значно залежала від досліджуваних факторів. Найбільшу частку впливу мали строки сівби насіння – 29,2 %, це вказує на те, що в період сівби була різна температура та вологість ґрунту, яка впливала на подальший ріст і розвиток досліджуваних рослин. Част-

ка впливу сортів склала 8,1 %, погодних умов – 17,5 %. Взаємодія факторів погодні умови та строки сівби становить 25,9 %, сорти та строки сівби – 9,6 %, погодні умови та сорти – 3,4 %. Взаємодія всіх досліджуваних факторів – 5,7 %, Інші недосліджувані фактори склала – 0,6 %.

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з гектара також залежали від досліджуваних факторів (табл. 2). Найбільший



I – III декада квітня, II – I декада травня; III – II декада травня
 НІР_{0,05} – урожайність зерна: А – 0,47; В – 0,48; АВ – 0,67
 НІР_{0,05} – урожайність біомаси: А – 1,97; В – 1,97; АВ – 2,78

Рисунок 1 – Урожайність сорго зернового та соризу залежно від строків сівби, т/га, 2016–2020 рр.

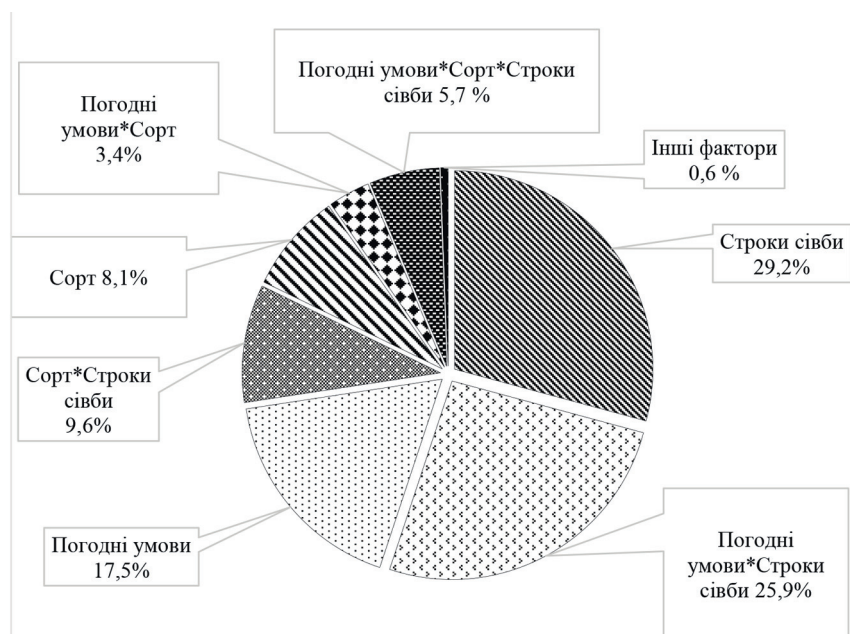


Рисунок 2 – Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність сорго зернового та соризу, %

Таблиця 2 – Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від сортових особливостей сорго

Сорти	Строки сівби	Вихід				Загальний вихід енергії
		біоетанолу	твердого палива	енергії з біоетанолу	енергії з твердого палива	
		т/га		ГДж/га		
Дніпровський 39	I	2,0	7,8	51,1	127,3	178,4
	II	2,3	8,6	58,5	140,8	199,3
	III	2,2	8,3	56,0	134,8	190,8
Самаран 6	I	1,9	7,4	47,8	120,9	168,7
	II	2,1	8,3	52,7	135,2	187,9
	III	2,0	7,8	50,3	126,5	176,8

вихід біоетанолу був отриманий за сівби насіння у першій декаді квітня, за цих умов вирощування сорту Дніпровський 39 дає змогу отримати 2,3 т/га, сорту Самаран 6 – 2,1 т/га. За сівби у третій декаді квітня та II декаді травня вихід біоетанолу зменшувався і становив для сорту Дніпровський 39 – 2,0 та 2,2 т/га, для сорту Самаран 6 – 1,9 та 2,0 т/га.

Тверде паливо можна виготовляти з стебел і листя соргових культур. Так, з одиниці площі посівів сорго сорту Дніпровський 39 за сівби насіння у I декаді травня можна отримати 8,6 т/га твердого палива. Для сорту Самаран 6 найбільший вихід біопалива становив 8,3 т/га. За I та III строку сівби вихід твердого палива був меншим.

Загальний вихід енергії від спалювання біоетанолу та твердого палива, який отримали з одного гектара посівів сорго зернового Дніпровський 39, на всіх варіантах дослідження перевищував загальний вихід енергії отриманої з соризу сорту Самаран 6.

Найвищий вихід енергії отримали за сівби насіння у першій декаді травня і дорівнював 199,3 ГДж/га у сорту Дніпровський 39 та 187,9 ГДж/га у сорту Самаран 6. У твердому паливі зосереджено близько 71,0 – 72,0 % (140,8 та 135,2 ГДж/га) цієї енергії і у біоетанолі лише 28 – 29 % (51,1 та 52,7 ГДж/га).

Спостерігається закономірність, що сівба насіння в дуже ранні або пізніші строки призводить до зниження урожайності сорго, відповідно зменшення виходу біопалива та загальної енергії, що пояс-

нюється несприятливими погодними умовами в період сівби і як наслідок впливає на подальший ріст і розвиток посівів.

Кореляційно–регресійний аналіз даних показав, що між урожайністю та виходом біопалива, а також між урожайністю і виходом енергії відмічена сильна лінійна кореляція (рис. 3, 4). Коефіцієнт кореляції за цих умов склав $R=1$, коефіцієнт детермінації відповідно становив $R^2=1$.

Обговорення. Висока продуктивність сорго зернового та соризу формується за оптимальних строків сівби насіння. У наших дослідженнях це перша декада травня.

За даними Василенка, в умовах півдня, найбільшу фотосинтетичну продуктивність, а відповідно й урожайність зерна було сформовано за сівби насіння у першій декаді травня, а на зрошенні у другій декаді травня [Василенко, 2018].

В умовах південного Степу Коваленко А. М. рекомендує проводити сівбу в прогрійтий посівний шар ґрунту 12–15°C з 5-10 травня до 20-25 травня [Коваленко, 2014].

Календарні строки сівби сорго точно встановити заздалегідь неможливо, оскільки вони змінюються залежно від погодних умов конкретного весняного періоду. Строк сівби є одним з агротехнічних заходів від якого значною мірою залежить рівень продуктивності агрофітоценозу культури [Сторожик, 2012].

Тому вивчення строків сівби сорго є актуальним питанням, яке потребує врахування багатьох чинників, а саме погодних умов зони вирощування, вологості ґрун-

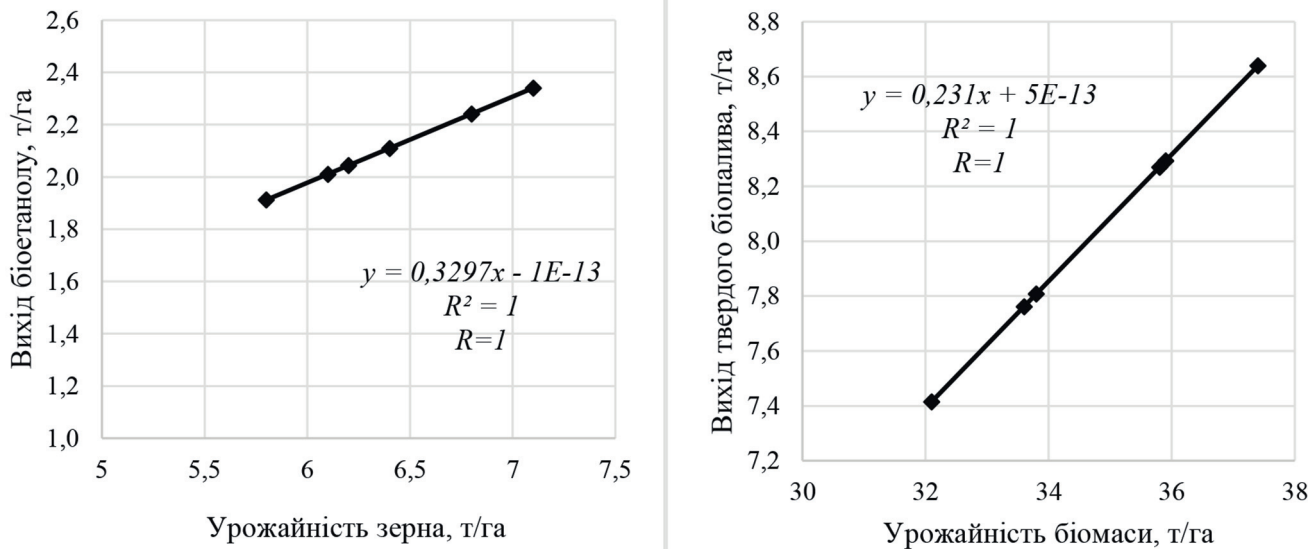


Рисунок 3 – Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю та виходом біопалива (середнє за 2016–2020 рр.)

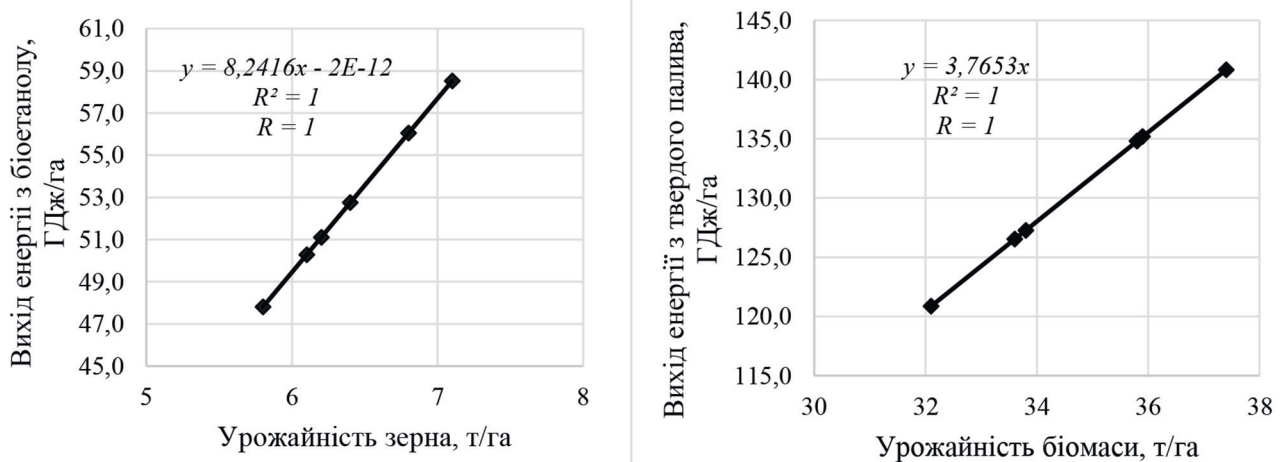


Рисунок 4 – Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю біомаси та виходом енергії (середнє за 2016–2020 рр.)

ту, сортових особливостей досліджуваної культури, потреб вирощування тощо.

Висновки. Досліджено, що урожайність зерна та біомаси сорго й соризу найбільше залежить від строків сівби насіння – 29,2 %, значно менший був ступінь впливу сортів і становив 8,1 %.

Встановлено, що порівняно з оптимальними строками сівби – перша та друга декади травня, сівба насіння у третій декаді квітня (I строк сівби) знижує урожайність зерна на 4,2–12,6 % у сорту Дніпровський 39 та на 4,7–9,4 % у сорту Самаран 6; надземної маси на 4,8–9,6 % і на 6,4–10,6 %, відповідно.

Кореляційно–регресійний аналіз даних свідчить про тісний зв'язок між уро-

жайністю та виходом біопалива. Коефіцієнт кореляції за таких умов склав $R=1$, коефіцієнт детермінації $R^2=1$. Між урожайністю і виходом енергії також спостерігається сильна кореляція де $R=1$, коефіцієнт детермінації $R^2=1$.

Перелік літератури

Балан В., Сторожик Л. (2010). Вирощування цукрового сорго як біоенергетичної культури. Цукрові буряки. № 5. С. 14–15.

Бузовський Є. А. (2007). Нетрадиційні поновлювальні джерела енергії. К.: ННІ ПО 198 НАУ. 21 с.

Василенко Р. М. (2018). Фотосинтетична продуктивність сорго зернового залежно від умов зволоження на півдні України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Вип. 2. С. 46–50.

Гелетуха Г. Г., Железная Т. А. (2006). Анализ основных положений «энергетической стратегии Украины на период до 2030 года». Промышленная теплотехника. №5. С. 82–92.

Гументик М. Я., Радейко Б. М., Фучило Я. Д., Сінченко В. М. та ін. (2018). Вирощування біоенергетичних культур. К.: ТОВ «ЦП «Компринт». 179 с.

Дзюбецький Б. В., Яланський О. В., Кух М. В. (2014). Сорго. Практичні рекомендації. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я. І. 96 с.

Дремлюк Г. К., Гамадій В. Л., Гамадій І. В. (2013). Основні елементи технології вирощування сорго. Посібник українського хлібороба. № 3. С. 274–277.

Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко О. І. (2007). Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: Поліграф Консалтинг. 56 с.

Коваленко А. М. (2014). Технологія для сорго. Farmer. № 3. С. 72–74.

Овсієнко І. А. (2015). Особливості формування урожайності зерна сорго залежно від строків сівби. Сільське господарство та лісівництво. № 1. С. 21–28.

Олекшій Л. М., Бурак І. М. (2020). Елементи технології вирощування сорго цукрового для виробництва біоетанолу в умовах західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство та тваринництво. Вип. 68 (1). С. 146–161.

Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. (2010). Енергетичні культури для виробництва біопалива. Наук. пр. Полтавської держ. аграр. акад. Т. 7 (26). С. 12–15.

Роїк М. В., Правдива Л. А., Ганженко О. М. та ін. (2020). Методичні рекомендації з вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива. К.: Компринт. 21 с.

Сторожик Л. І. (2012). Урожайність та

якість насіння сорго цукрового залежно від строків сівби і сортових особливостей. Агробіологія. № 7 (91). С.61–65.

Федорчук М. І., Каленська С. М., Рахметов Д. Б., Коковіхін С. В. (2017). Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування екологобезпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України. Херсон. 208 с.

Abdelhalim T. S., Kamal N. M., Amro B. H. (2019) Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). Food Sci. Nutr. 2019. Vol. 7, Iss. 4. P. 1529–1539. doi: 10.1002/fsn3.1002.

Anami S. E., Zhang L. M., Xia Y. et al. (2015). Sweet sorghum ideotypes: genetic improvement of the biofuel syndrome. Food Energy Secur. № 4. P. 159–177.

Begna T. (2021) “Effect of Striga Species on Sorghum (*Sorghum Bicolor* L Moench) Production and its Integrated Management Approaches”, International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS), 7(7): 10–22. <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0707002>.

Dahlberg J. (2019). The Role of Sorghum in Renewables and Biofuels. Sorghum. Methods in Molecular Biology. V. 1931. P. 269 – 277. doi :10.1007/978-1-4939-9039-9_198.

Mullet J., Morishige D., McCormick R. et al. (2014). Energy Sorghum — a genetic model for the design of C4 grass bioenergy crops. Journal of Experimental Botany. July. V. 65. Is. 13. P. 3479–3489. doi:10.1093/jxb/eru229.

References

Abdelhalim T. S., Kamal N. M., Amro B. H. (2019) Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). Food Sci. Nutr. 2019. Vol. 7, Iss. 4. P. 1529–1539. doi: 10.1002/fsn3.1002.

Anami S. E., Zhang L. M., Xia Y. et al. (2015). Sweet sorghum ideotypes: genetic improvement of the biofuel syndrome. Food Energy Secur. № 4. P. 159–177.

Balan V., Storozhyk L. (2010). Growing sugar sorghum as a bioenergy crop. Sugar beets. № 5. P. 14–15.

Begna T. (2021) “Effect of Striga Species on Sorghum (*Sorghum Bicolor* L Moench) Production and its Integrated Management Approaches”, International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS), 7(7): 10–22. <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0707002>.

Buzovskyi Ye. A. (2007). Unconventional renewable energy sources. K.: NNI PO 198 NAU. 21 p.

Dahlberg J. (2019). The Role of Sorghum in Renewables and Biofuels. *Sorghum. Methods in Molecular Biology*. V. 1931. P. 269 – 277. doi :10.1007/978-1-4939-9039-9_198.

Dremluk H. K., Hamadii V. L., Hamadii I. V. (2013). The main elements of sorghum growing technology. Handbook of Ukrainian farmers. № 3. P. 274–277.

Dziubetskyi B. V., Yalanskyi O. V., Kukh M. V. (2014). Sorghum. Practical recommendations. Kamianets-Podilskyi: Private individual Sysyn Ya.I. 96 p.

Ermantraut E. R., Prysiazhniuk O. I., Shevchenko O. I. (2007). Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 6.0 package. Kyiv: Polygraph Consulting. 56 p.

Fedorchuk M. I., Kalenska S. M., Rakhmetov D. B., Kokovikhin S. V. et al. (2017). Scientific and theoretical principles and practical aspects of the formation of environmentally friendly technologies for growing and processing sorghum in the steppe zone of Ukraine. Kherson. 208 p.

Heletukha H. H., Zhelieznaia T. A. (2006). Analysis of the main provisions of «Ukraine’s energy strategy for the period up to 2030». Industrial heat engineering. №5. P. 82–92.

Humentyk M. Ya., Radeiko B. M., Fuchylo Ya. D., Sinchenko V. M. et al. (2018). Growing bioenergy crops. K.: TOV «Komprynt». 179 p.

Kovalenko A. M. (2014). Technology for sorghum. Farmer. № 3. P. 72–74.

Mullet J., Morishige D., McCormick R. et al. (2014). Energy Sorghum — a genetic model for the design of C4 grass bioenergy

crops. *Journal of Experimental Botany*. July. V. 65. Is. 13. P. 3479–3489. doi:10.1093/jxb/eru229.

Olekshii L. M., Burak I. M. (2020). Elements of sugar sorghum cultivation technology for bioethanol production in the western Forest-Steppe. Foothill and mountain agriculture and animal husbandry. Vol. 68 (1). P. 146–161.

Ovsiienko I. A. (2015). Features of sorghum grain yield formation depending on sowing dates. Agriculture and forestry. № 1. P. 21–28.

Roik M. V., Kurylo V. L., Humentyk M. Ya. et al. (2010). Energy crops for biofuel production. Science. ave. Poltava state. agrarian. acad.T. 7 (26). P. 12–15.

Roik M. V., Pravdyva L. A., Hanzhenko O. M. et al. (2020). Methodical recommendations for growing grain sorghum as a raw material for the food industry and biofuel production. K.: Comprint. 21 p.

Storozhyk L. I. (2012). Yield and quality of sugar sorghum seeds depending on sowing dates and varietal characteristics. *Agrobiologiya*. № 7 (91). P. 61–65.

Vasylenko R. M. (2018). Photosynthetic productivity of grain sorghum depending on humidification conditions in the south of Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*. Vol. 2. P. 46–50.

UDC 633.174:631.5

ENERGY PRODUCTIVITY OF SORGO GRAIN AND SORIZE DEPENDING ON THE TIME OF SOWING SEEDS

Pravdyva L.

e-mail: bioplant_@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5510-3934>

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, Kiev

Summary

The article presents the results of research on the influence of seed sowing dates on the energy productivity of grain sorghum and sorghum.

Goal. *Investigate the influence of seed sowing dates on the energy productivity of grain sorghum and varieties of Dniprovsky 39 and Samaran 6 varieties in the conditions of the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine.*

Methods. *The field method was used in the study, which includes the study of biological and ecological features of growth and development, productivity and quality of the studied crop; laboratory method used to study the relationship between plant and environment; mathematical and statistical methods included the processing of experimental data to increase the validity of conclusions.*

Results. *High yields of sorghum grain and biomass were obtained during sowing of seeds in the first decade of May (second sowing period), when the soil temperature at a depth of 10 cm was 12-14 °C. In grain sorghum of Dniprovskyi 39 and Samaran 6, grain yield was 7.1 and 6.4 t/ha, biomass – 37.4 and 35.9 t/ha. The highest yield of bioethanol and solid fuel was obtained in the same variant of the experiment. The highest energy yield was obtained for sowing seeds in the first decade of May and was equal to 199.3 GJ/ha in the variety Dniprovsky 39 and 187.9 GJ/ha in the variety Samaran 6. About 71.0-72.0 % are concentrated in solid fuel (140,8 and 135.2 GJ/ha) of this energy and in bioethanol only 28-29 % (51.1 and 52.7 GJ/ha).*

Conclusions. *It was studied that the grain yield and biomass of sorghum and sorghum mostly depend on the terms of sowing seeds – 29.2 %, the degree of influence of varieties was much lower and amounted to 8.1%. It is established that in comparison with the optimal sowing dates – the first and second decades of May, sowing seeds in the third decade of April (1 sowing period) reduces grain yield by 4.2-12.6 % in the variety Dniprovsky 39 and 4.7-9,4 % in the variety Samaran 6; aboveground mass by 4.8-9.6 % and 6.4-10.6 %, respectively. Correlation-regression analysis of the data shows a close relationship between yield and biofuel yield. The correlation coefficient was $R = 1$, the coefficient of determination $R^2 = 1$. There is also a strong correlation between yield and energy yield where $R = 1$, the coefficient of determination $R^2 = 1$.*

Key words: *varieties, yield, yield of biethanol and solid fuel, energy yield.*