

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ ЗА УМОВ ЗРОШЕННЯ

ГАДЗАЛО Я.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-5028-2048

Національна академія аграрних наук України

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

ЛІКАР Я.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0003-1241-8634

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Питання продовольчої безпеки держави є одним з пріоритетних складових національної безпеки, що обумовлюється стратегічною вагомістю зернової та зернобобової продукції. У зв'язку із цим, виникає необхідність оцінки стану виробництва зерна, його експорту та моніторингу постійних прогнозів світових лідерів щодо цієї галузі є вкрай важливим питанням. Виробництво зернобобових культур, у тому числі сої, сприяє стабілізації продовольчої безпеки [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасне виробництво передбачає широке використання інтенсивних технологій вирощування агрокультур. При цьому збільшуються витрати пального, електроенергії, засобів меліорації і захисту рослин, що в свою чергу веде до збільшення енергетичних витрат. У сучасних умовах господарювання в світі склалася тенденція зниження виробництва продукції на одиницю додатково витраченої енергії [2].

Одним із шляхів зниження витрат енергії при виробництві продукції рослинництва є застосування біоенергетичного аналізу, який є концентрованим виразом закону збереження і перетворення енергії щодо сільськогосподарського виробництва [3].

У вирішенні проблеми забезпечення білком людства, соя відіграє велику роль та займає провідне місце у світі. Крім того культура найбільш ефективно використовує ґрунтово-кліматичний потенціал зрошуваних земель півдня України. Тому необхідною умовою ефективного використання ресурсів є розробка комплексу заходів, які забезпечують одержання високого врожаю сої в повторних посівах, збереження родючості ґрунту, економічної та енергетичної ефективності окремих технологічних процесів та технології вирощування в цілому [4].

Основним показником, що показує енергетична ефективність вирощування агрокультур є енергетичний коефіцієнт технології, який показує відношення отриманої з урожаєм енергії до кількості сукупної енергії, що була затрачена на вирощування даного урожаю. Даний показник дає більш ширші уявлення про енергетичні корективи агровиробництва. Технологія вирощування вважається енергетично ефективною, коли даний коефіцієнт більше одиниці [5, 6].

Рациональне використання енергетичних ресурсів є однією із найважливіших передумов для зростання виробництва агропродукції. У зв'язку з цим необхідно проводити аналіз енергетичних витрат при вирощуванні сучасних сортів у тому числі і сої, із використанням вже відомих та нових елементів технології вирощування [7]. Збільшення потреб переробної і харчової промисловості у соєвій сировині спонукає дослідників до вивчення та адаптування різних груп сортів сої до певних ґрунтово-кліматичних умов. Розвиток селекції дає підстави для розширення посівних площ сої. Останнім часом на районування поставлено багато нових перспективних сортів сої інтенсивного типу [8]. В Україні є достатньо великий сортовий склад сої. Сучасні високопродуктивні сорти сої можуть дати високий врожай при правильному підборі для них тих елементів технології, які б створювали можливість для реалізації закладеного в них потенціалу і були узгоджені з ґрунтово-кліматичними умовами [9].

Матеріали та методи. Дослідження першого досліду проводили протягом 2013–2015 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН України (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН).

Трифакторний дослід (фактор А – сорт, В – строк сівби, С – система захисту рослин) закладали методом рендомізованих розщеплених блоків. Повторність чотириразова, посівна площа ділянки третього порядку – 75 м², облікова – 50 м².

Для проведення досліджень було відібрано три сорти сої, різних груп стиглості, селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН, які занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні, і рекомендовані для вирощування в усіх кліматичних зонах України з високою потенційною урожайністю, адаптовані до посушливих умов Південного Степу України та пластичні до умов вологозабезпечення: *Діона*, *Даная*, *Святогор*.

Строк сівби: перший – 20 квітня, другий – 05 травня, третій – 20 травня.

Система захисту рослин: контроль (обробка водою), біозахист, хімізахист.

Дослідження другого досліду проводили протягом 2017–2019 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН України (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН).

Трифакторний дослід (фактор А – сорт, В – інкулянт, С – система захисту рослин) закладали методом рендомізованих розщеплених блоків. Повторність чотириразова, посівна площа ділянки третього порядку – 75 м², облікова – 50 м².

Для проведення досліджень було відібрано три сорти сої, різних груп стиглості, селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН), що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні, і рекомендовані для вирощування в усіх кліматичних зонах України з високою потенційною урожайністю, адаптовані до посушливих умов Південного Степу України та пластичні до умов вологозабезпечення: Фаетон, Аполлон, Деймос.

Система захисту рослин: контроль (обробка водою), біозахист, хімзахист.

Польові досліді закладено згідно методичних рекомендацій з проведення польових дослідів на зрошенні [10–12].

Метою наших досліджень було провести енергетичний аналіз розроблених елементів агротехніки вирощування сортів сої.

Результати досліджень. Енергетичний аналіз показників польового досліді з сортами сої показав істотні відмінності у величині надходження енергії за всіма досліджуваними факторами та їх варіантами. Доведено, що найменшим даний показник, у межах 54,4 ГДж/га, сформувався у сорту Діона за першого строку сівби (20 квітня) та за відсутності заходів із захисту рослин (табл. 1).

У варіанті з сортом Святогор за сівби 20 травня (третій строк) та за дотримання хімічного захисту рослин відбулося його зростання на 34,6% (до 73,2 ГДж/га). Витрати енергії слабо змінювались під впливом досліджуваних факторів – лише на 4,3% й коливались в діапазоні від 23,0 до 24,0 ГДж/га. У сорту Святогор за сівби у третій строк (20 травня) та використання біологічного та хімічного захисту рослин зафіксували зростання приросту енергії до 47,9–49,2 ГДж/га. Також

Таблиця 1

Енергетична ефективність вирощування сортів сої залежно від строків сівби і захисту рослин, дослід 1 (середнє за 2013–2015 рр.)

Сорт (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Захист рослин (фактор С)	Енергетичні показники				
			надходження енергії, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності	енерго-єм- ність, ГДж/т
Діона	Перший (20.04)	Контроль	54,4	23,0	31,4	2,36	7,10
		Біозахист	59,9	23,3	36,6	2,57	6,56
		Хімзахист	60,6	23,3	37,3	2,60	6,50
	Другий (05.05)	Контроль	58,3	23,2	35,1	2,51	6,71
		Біозахист	64,7	23,5	41,1	2,75	6,16
		Хімзахист	66,3	23,6	42,6	2,81	6,04
	Третій (20.05)	Контроль	59,5	23,3	36,3	2,56	6,59
		Біозахист	66,3	23,6	42,6	2,81	6,04
		Хімзахист	66,1	23,6	42,5	2,80	6,05
Даная	Перший (20.04)	Контроль	64,5	23,5	41,0	2,74	6,18
		Біозахист	68,0	23,7	44,3	2,87	5,91
		Хімзахист	67,9	23,7	44,2	2,86	5,93
	Другий (05.05)	Контроль	63,8	23,5	40,3	2,71	6,23
		Біозахист	68,4	23,7	44,7	2,88	5,89
		Хімзахист	69,8	23,8	46,0	2,93	5,79
	Третій (20.05)	Контроль	64,5	23,5	41,0	2,74	6,18
		Біозахист	69,3	23,8	45,5	2,91	5,83
		Хімзахист	71,8	23,9	47,9	3,00	5,66
Святогор	Перший (20.04)	Контроль	68,0	23,7	44,3	2,87	5,91
		Біозахист	71,2	23,9	47,3	2,98	5,70
		Хімзахист	71,0	23,9	47,2	2,98	5,71
	Другий (05.05)	Контроль	67,2	23,7	43,5	2,84	5,98
		Біозахист	70,9	23,9	47,0	2,97	5,72
		Хімзахист	70,5	23,8	46,7	2,96	5,74
	Третій (20.05)	Контроль	67,9	23,7	44,2	2,86	5,93
		Біозахист	71,8	23,9	47,9	3,00	5,66
		Хімзахист	73,2	24,0	49,2	3,05	5,58

у цих варіантах одержали коефіцієнт енергетичної ефективності понад 3,0, як і у варіанті з хімічним захистом у сорту Даная, за строку сівби 20 травня. Слід зауважити, що варіант з сортом Діона за сівби 20 квітня також мав найменші показники коефіцієнту енергетичної ефективності та найбільшу енергоємність, відповідно, 2,36 та 7,10 ГДж/т.

У досліді з вивчення продуктивності сортів сої залежно від впливу інокулянтів та захисту рослин визначено, що значення надходження сукупної енергії перевищують 60 ГДж/га у варіантах з сортом Деймос за обробки насіння перед сівбою інокулянтами Нітрофікс та Оптимайз, а також за умов застосування біологічного та хімічного захисту рослин. У контрольних варіантах факторів В (інокулянт) і С (захист рослин) сорту Фаетон цей показник зменшився до 34,4 ГДж/га, або в 1,8–1,9 рази (табл. 2).

Витрати енергії внаслідок схожості досліджуваних варіантів слабо змінювались у діапазоні від 21,1 до 22,5 ГДж/га – з найвищим коливанням до 6,6%. Цей показник мав додатну тенденцію за вирощування сорту Деймос та у варіантах з хімічним захистом рослин.

Найбільші відмінності простежувались за природою енергії. У варіанті з сортом Деймос, інокуляції Оптимайзом та за хімічного захисту рослин цей показник підвищився до 43,1 ГДж/га, а у варіанті з сортом Фаетон без інокуляції та без захисту рослин відбулося його зниження в 3,2 рази (до 13,4 ГДж/га).

Доведено, що з енергетичної точки зору найкращим виявився варіант з сортом Деймос, який висівали з обробкою насіння перед сівбою препаратом Оптимайз та формували хімічну систему захисту рослин. За таких умов сформувався максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності (2,91) та найменша енергоємності 1 тонни насіння (5,81 ГДж).

Висновки. Надходження енергії у першому досліді було найбільшим на сорті Святогор за сівби 20 травня та за хімічного захисту – 73,2 ГДж/га, що було більше на 34,6% за контрольний варіант на сорті Діона. Витрати енергії слабо змінювались у межах від 23,0 до 24,0 ГДж/га, або на лише на 4,3%. Приріст енергії та коефіцієнт енергетичної ефективності був максимальним на сорті Святогор за 20 травня та при біо- та хімічному захисті. Сорту Діона за сівби 20 квітня мав найменші показники

Таблиця 2

Енергетична ефективність вирощування сортів сої залежно від інокулянтів та захисту рослин, дослід 2 (середнє за 2017–2019 рр.)

Сорт (фактор А)	Інокулянт (фактор В)	Захист рослин (фактор С)	Енергетичні показники				
			надходження енергії, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності	енерго-єм- ність, ГДж/т
Фаетон	Контроль	Контроль	34,4	21,1	13,4	1,63	9,98
		Біозахист	44,3	21,5	22,8	2,06	8,06
		Хімізахист	45,7	21,6	24,2	2,12	7,85
	Нітрофікс	Контроль	40,6	21,4	19,3	1,90	8,68
		Біозахист	47,5	21,7	25,8	2,19	7,61
		Хімізахист	51,8	21,9	29,9	2,37	7,08
	Оптимайз	Контроль	47,3	21,7	25,7	2,18	7,63
		Біозахист	50,0	21,8	28,2	2,29	7,29
		Хімізахист	53,5	22,0	31,6	2,44	6,88
Аполлон	Контроль	Контроль	47,0	21,7	25,3	2,17	7,68
		Біозахист	52,5	21,9	30,6	2,39	7,00
		Хімізахист	53,0	21,9	31,1	2,42	6,94
	Нітрофікс	Контроль	51,6	21,9	29,7	2,36	7,10
		Біозахист	55,3	22,0	33,3	2,51	6,70
		Хімізахист	58,7	22,2	36,5	2,64	6,38
	Оптимайз	Контроль	54,1	22,0	32,1	2,46	6,83
		Біозахист	58,1	22,2	36,0	2,62	6,43
		Хімізахист	59,4	22,2	37,1	2,67	6,32
Деймос	Контроль	Контроль	51,2	21,8	29,3	2,34	7,15
		Біозахист	56,5	22,1	34,4	2,56	6,58
		Хімізахист	58,1	22,2	36,0	2,62	6,43
	Нітрофікс	Контроль	54,2	22,0	32,2	2,46	6,82
		Біозахист	60,0	22,3	37,7	2,70	6,26
		Хімізахист	62,4	22,4	40,0	2,79	6,06
	Оптимайз	Контроль	54,5	22,0	32,5	2,48	6,78
		Біозахист	61,9	22,4	39,6	2,77	6,10
		Хімізахист	65,7	22,5	43,1	2,91	5,81

коефіцієнту енергетичної ефективності – 2,36, а також найвищу енергоємність – 7,10 ГДж/т.

В другому польовому досліді перевищення показників надходження енергії понад 60 ГДж/га спостерігалось на сорті Деймос за використання інокулянтів Нітрофікс та Оптимайз на фоні біологічного та хімічного захисту рослин. Витрати енергії внаслідок схожості досліджуваних варіантів неістотно коливались за досліджуваними факторами й варіантами в межах від 21,1 до 22,5 ГДж/га. У варіанті з сортом Деймос, інокуляції Оптимайзом та за хімічного захисту рослин приріст енергії збільшився до 43,1 ГДж/га, а на сорті Фаєтон без інокуляції та без захисту рослин – він істотно зменшився в 3,2 рази. Сорт Деймос, з його висіванням з обробкою насіння біопрепаратом Оптимайз на фоні хімзахисту дозволили одержати максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,91 та найменшу енергоємність насіння – 5,81 ГДж/т.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine / Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pansyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. № 5. P. 54–61. https://doi.org/10.15421/2020_206.
2. Peculiarities of reproduction of pinus Nigra arn. in Ukraine / Honcharuk I., Matusyak M., Pansyryeva H., Kupchuk I., Prokopchuk V., Telekalo N. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. 2021. Vol. 15(64). № 1. P. 33–42. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2022.15.64.1.3>.
3. Деякі параметри господарки цінних ознак сорту сої для умов Лівобережного Лісостепу України / Шевніков М. Я., Галич О. П., Лотиш І. І., Міленко О. Г. *Вісник ПДАА*. 2015. № 3. С. 40–43.
4. Ярошко М. Технологія вирощування сої: фактори врожайності, сівба і використання добрив. *Агроном*. 2013. № 1. С. 130–133.
5. Каленська С. М., Новицька Н. В., Андрієць Д. В. Продуктивність як інтегральний показник застосування технологічних прийомів вирощування сої на чорноземах типових. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 74–78.
6. Бабич А. О., Петриченко В. Ф., Іванюк С. В. Вплив гідротермічних умов на прояв основних господарсько цінних ознак у сої в Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 12. С. 15–17.
7. Varietal features of elements of soybean cultivation technology during irrigation. *Scientific horizons* / Ivaniv M., Vozniak V., Marchenko T., Baklanova T., Sydiakina O. 2023. Vol. 26(6). p. 85–96. <https://doi.org/10.48077/sci-hor6.2023.85>
8. Дідора В. Г., Баранов А. І., Ступницька О. С. Формування фотосинтетичного апарату сої залежно від норм висіву та строків посіву в умовах Полісся України. *Вісник СНАУ. Серія «Агрономія і біологія»*. 2013. Вип. 3 (25). С. 138–140.
9. Дерев'янський В. П. Економічне та енергетичне оцінювання технологій вирощування сої. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2012. № 2. С. 14–17.
10. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 206 с.
11. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство): навчальний посібник / Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Херсон: Гринь Д. С., 2014. 448 с.
12. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях: монографія / Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Мальячук М. П. та ін. Херсон: Гринь Д. С., 2014. 286 с.

REFERENCES:

1. Didur, I., Bakhmat, M., Chynchyk, O., Pansyryeva, H., Telekalo, N., & Tkachuk, O. (2020). Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(5), 54–61. https://doi.org/10.15421/2020_206
2. Honcharuk, I., Matusyak, M., Pansyryeva, H., Kupchuk, I., Prokopchuk, V., & Telekalo, N. (2021). Peculiarities of reproduction of pinus Nigra arn. in Ukraine. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 15(64), 33–42. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2022.15.64.1.3>
3. Shevnikov, M.Ya., Galich, O.P., Lotysh, I.I., & Milenko, O.G. (2015). Deiaki parametry hospodarky tsinnykh oznak sortu soi dlia umov Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Some parameters of the management of valuable traits of soybean varieties for the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk PDAA – Bulletin of the Ukrainian Agricultural Academy*, 3, 40–43 [in Ukrainian].
4. Yaroshko, M. (2013). Tekhnolohiia vyroshchuvannia soi: faktory vrozhaivosti, sivba i vykorystannia dobrovy [Soybean cultivation technology: yield factors, sowing and fertilizer use]. *Ahronom – Agronomist*, 1, 130–133 [in Ukrainian].
5. Kalenska, S.M., Novitska, N.V., & Andriets, D.V. (2011). Produktivnist iak intehralnyi pokaznyk zastosuvannia tekhnolohichnykh pryimiv vyroshchuvannia soi na chornozemakh typovykh [Productivity as an integral indicator of the application of technological methods of soybean cultivation on typical chernozems]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feed and feed production*, 69, 74–78 [in Ukrainian].
6. Babych, A.O., Petrychenko, V.F., & Ivanyuk, S.V. (1997). Vplyv hidrotermichnykh umov na proiav osnovnykh hospodarsko tsinnykh oznak u soi v Lisostepu Ukrainy [The influence of hydrothermal conditions on the manifestation of the main economically valuable traits in soybean in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 12, 15–17 [in Ukrainian].
7. Ivaniv, M., Vozniak, V., Marchenko, T., Baklanova, T., & Sydiakina, O. (2023). Varietal features of elements of soybean cultivation technology during irrigation. *Scientific horizons*, 26(6), 85–96. <https://doi.org/10.48077/sci-hor6.2023.85>
8. Didora, V.G., Baranov, A.I., & Stupnitska, O.S. (2013). Formuvannia fotosyntetichnoho aparatu soi zalezno vid norm vysivu ta strokiv posivu v umovakh Polissia Ukrainy [Formation of the photosynthetic apparatus of

- soybean depending on the sowing rates and sowing dates in the conditions of Polissya of Ukraine]. *Visnyk SNAU. Seriya «Ahronomiia i biolohiia» – Bulletin of the SNAU. Series «Agronomy and Biology»*, 3(25), 138–140 [in Ukrainian].
9. Derevyansky, V.P. (2012). Ekonomichne ta enerhetychne otsiniuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia soi [Economic and energy evaluation of soybean growing technologies]. *Khimii. Ahronomiia. Servis – Chemistry. Agronomy. Service*, 2, 14–17 [in Ukrainian].
 10. Medvedovskyi, O.K., & Ivanenko, P.I. (1988). *Enerhetychnyi analiz intensyvnykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production]*. Kyiv: Urozhai, 206 [in Ukrainian].
 11. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Grin D.S., 448 [in Ukrainian].
 12. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Y.O., & Malyarchuk, M.P. et al. (2014). *Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methodology of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson: Grin D.S., 286 [in Ukrainian].

Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О.
Енергетичний аналіз технології вирощування сортів сої залежно від елементів агротехнології за умов зрошення

В статті наведено результати досліджень з енергетичного аналізу технології вирощування сортів сої залежно від елементів агротехнології за умов зрошення. **Мета досліджень** – провести енергетичний аналіз розроблених елементів агротехніки вирощування сортів сої. **Методи.** Дослідження першого досліду проводили протягом 2013–2015 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН України (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Трифакторний дослід (фактор А – сорт, В – строк сівби, С – система захисту рослин). Дослідження другого досліду проводили протягом 2017–2019 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН України (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Трифакторний дослід (фактор А – сорт, В – інокулянт, С – система захисту рослин). **Результати досліджень.** Енергетичний аналіз показників польового досліду з сортами сої показав істотні відмінності у величині надходження енергії за всіма досліджуваними факторами та їх варіантами. Серед сортового складу перевагу мав сорт Святогор, який сформував найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,95 та мав найменшу енергоємність продукції – 5,77 ГДж/га. Також доведено, що рання сівби (перший строк – 20 квітня) негативно позначається на показниках енергетичної ефективності, що можна пояснити теплолюбністю досліджуваної культури. Встановлено, що захист рослин мав позитивний вплив на величину енергетичної ефективності. У досліді з вивчення продуктивності сортів сої залежно від впливу інокулянтів та захисту рослин доведено, що з енергетичної точки зору найкращим виявився варіант з сортом Деймос, який висівали з обробкою насіння перед сівбою препаратом Оптимайз та формували хімічну систему захисту рослин. Надходження енергії у першому досліді

було найбільшим на сорті Святогор за сівби 20 травня та за хімзахисту – 73,2 ГДж/га, що було більше на 34,6% за контрольний варіант на сорті Діона. Витрати енергії слабо змінювались у межах від 23,0 до 24,0 ГДж/га, або на лише на 4,3%. **Висновки.** Приріст енергії та коефіцієнт енергетичної ефективності був максимальним на сорті Святогор за 20 травня та при біо- та хімзахисту. Сорт Діона за сівби 20 квітня мав найменші показники коефіцієнту енергетичної ефективності – 2,36, а також найвищу енергоємність – 7,10 ГДж/т. В другому польовому досліді перевищення показників надходження енергії понад 60 ГДж/га спостерігалось на сорті Деймос за використання інокулянтів Нітрофікс та Оптимайз на фоні біологічного та хімічного захисту рослин. У варіанті з сортом Деймос, інокуляції Оптимайзом та за хімічного захисту рослин приріст енергії збільшився до 43,1 ГДж/га, а на сорті Фаєтон без інокуляції та без захисту рослин – він істотно зменшився в 3,2 рази. Сорт Деймос, з сівби з обробкою насіння біопрепаратом Оптимайз на фоні хімзахисту дозволили одержати максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,91 та найменшу енергоємність насіння – 5,81 ГДж/т.

Ключові слова: соя, сорт, система захисту, урожайність, технологія вирощування, коефіцієнт енергетичної ефективності, коефіцієнт енергоємності.

Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Likar Ya.O.
Energy analysis of the technology of growing soybean varieties depending on the elements of agricultural technology under irrigation conditions

The article presents the results of research on the energy analysis of the technology of growing soybean varieties depending on the elements of agricultural technology under irrigation conditions. **The purpose** of the research is to conduct an energy analysis of the developed elements of agricultural technology for growing soybean varieties. **Methods.** The first experiment was conducted during 2013–2015 at the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS of Ukraine (now the Institute of Climate-Oriented Agriculture of the NAAS). Three-factor experiment (factor A – variety, B – sowing date, C – plant protection system). The second experiment was conducted during 2017–2019 at the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS of Ukraine (now the Institute of Climate-Oriented Agriculture of the NAAS). Three-factor experiment (factor A – variety, B – inoculant, C – plant protection system). **Research results.** Energy analysis of the indicators of the field experiment with soybean varieties showed significant differences in the amount of energy input for all studied factors and their variants. Among the varietal composition, the Svyatogor variety had the advantage, which formed the highest energy efficiency coefficient – 2.95 and had the lowest energy intensity of production – 5.77 GJ/ha. It was also proven that early sowing (first term – April 20) negatively affects energy efficiency indicators, which can be explained by the thermophilicity of the studied crop. It was established that plant protection had a positive effect on the amount of energy efficiency. In an experiment to study the productivity of soybean varieties depending on the influence of inoculants and plant protection, it was proven that from an energy point of view, the best option was the variant with the Deimos variety, which was sown with seed treatment before sowing with the Optimize preparation and formed a chemical plant protection system. Energy intake in the first experiment was the highest on the Svyatogor

variety when sown on May 20 and under chemical protection – 73.2 GJ/ha, which was 34.6% more than the control variant on the Diona variety. Energy expenditure varied slightly in the range from 23.0 to 24.0 GJ/ha, or by only 4.3%. **Conclusions.** The energy gain and energy efficiency coefficient were maximum on the Svyatogor variety on May 20 and with bio- and chemical protection. The Diona variety when sown on April 20 had the lowest energy efficiency coefficient – 2.36, as well as the highest energy intensity – 7.10 GJ/t. In the second field experiment, the excess of energy intake indicators of more than 60 GJ/ha was observed on the Deimos variety when using the inoculants Nitrofix and Optimize against the background of

biological and chemical plant protection. In the variant with the Deimos variety, inoculation with Optimize and with chemical plant protection, the energy gain increased to 43.1 GJ/ha, and on the Phaeton variety without inoculation and without plant protection – it significantly decreased by 3.2 times. The Deimos variety, from sowing with seed treatment with the biological preparation Optimize on the background of chemical protection, allowed obtaining the maximum energy efficiency coefficient – 2.91 and the lowest energy intensity of seeds – 5.81 GJ/t.

Key words: soy bean, variety, protection system, yield, cultivation technology, energy efficiency coefficient, energy intensity coefficient.