

УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА СОРТІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ОРГАНІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

НІМЕНКО С.С. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0000-0003-1748-549X

Білоцерківський національний аграрний університет

ГРАБОВСЬКИЙ М.Б. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
orcid.org/0000-0002-8494-7896

Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Соя (*Glycine max* (L.) є однією з п'яти культур, які домінують у світовому сільському господарстві разом із кукурудзою, пшеницею, бавовною та рисом. Серед олійних культур соя займає перше місце у світі [1]. Соя демонструє найбільший потенціал приросту посівних площ через високий вміст протеїну в зерні (39–48%), можливість вирощування за широкого температурного діапазону і значної кількості агрономічних і біологічних даних по цій культурі [2]. У 2021–2022 рр. в понад 70 країнах світу було вироблено 355,7 млн т зерна сої. У 2020–2021 рр. в Європейському союзі було вироблено 2,7 млн т сої а в європейських країнах, що не входять до ЄС, ще 8,4 млн т [3]. Кілька територій у Європі, де вирощують сою, зосереджені між 45° і 50° північної широти, з найбільшим виробництвом в Східній Європі: Україна (3,7 млн т), Сербія (0,7 млн т), Румунія (0,4 млн т) та в Північному Середземномор'ї: Італія (1,0 млн. т), Франція (0,4 млн. т) [4].

В країнах ЄС стабільно зростає обсяг органічного виробництва рослинницької сировини для тваринництва. Площа сільськогосподарських угідь для органічного виробництва зросла в десять разів за останні 10 років. Очікується, що до 2030 р. квота на органічні продукти складе до 30%. Це позитивно вплине на навколишнє середовище, клімат, біорізноманіття та добробут тварин. Збільшення органічного землеробства також має прямий вплив на скорочення та припинення використання мінеральних добрив, пестицидів, фунгіцидів, генетично модифікованих організмів та використання антибіотиків [5].

В той же час органічно вирощена соя становить менше 0,1% від загального світового виробництва культури. У США в 2011 р. органічна сертифікована соя вирощувалася на 53 тис. га або 0,17% від загальної площі сої (32 млн га) [6]. Загалом у світі спостерігається поступове зростання виробництва органічно вирощеної сої. Це пов'язано із збільшенням споживання соєвих продуктів людиною а також зростанню попиту на органічний соєвий шрот для виробництва органічних продуктів тваринного походження [7].

Україна є країною з недостатньо розвинутим сектором органічного сільського господарства. Головною причиною цього є обмежена купівельна спроможність вітчизняного населення [8]. Станом на 2017 р. загальна частка органічних сільськогосподарських угідь була незначною (менше 1%

від загальної сільськогосподарських земель) в той же час наша держава посідає 11 місце в Європі за площею сільськогосподарських угідь з органічним виробництвом [9]. За 2013–2017 рр. площі під органічним виробництвом зросли в 1,5 разів. Близько 45,5% усіх органічних площ у 2017 р. було засіяно зерновими культурами [10]. При цьому зростання органічного виробництва в Україні є одним із найвищих у світі: темпи зростання перевищують європейські у 5,5 разів та світові у 4,9 разів [11]. В органічному секторі в 2012–2017 рр. частка зернових та зернобобових культур скоротилася на 2,5% а сої навпаки зросла на 5,1% [12].

Розвиток органічного виробництва в Україні вимагає проведення відповідних досліджень з технології вирощування сої як однієї з важливих сільськогосподарських культур в органічних сівозмінах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кліматичні умови, насамперед температура та кількість опадів, є факторами, які обмежують урожайність сої [13]. Адаптація сільськогосподарських культур до змін клімату має особливе значення для бобових культур які демонструють низьку стабільність врожаю [14]. Сучасні кліматичні зміни змушують вчених проводити постійні дослідження щодо оптимізації вирощування сої. Дослідження мають бути зосереджені на розробці технологій які є екологічно чистими та економічно вигідними [15].

Важливим в органічному виробництві є підбір сортів сої, які мають наступні характеристики: швидку та ефективну фіксацію азоту і високу конкурентну стійкість до бур'янів [16]. На основі оцінки 12 сортів сої за 10 років було перевірено взаємодію генотип×середовищем для ряду компонентів врожайності сої. Що допомогло ідентифікувати сорти які мають вище вказані характеристики [17].

Одним із важливих моментів у вирощуванні сої є боротьба з бур'янами. Через повільний ріст в початковий період вона особливо чутлива до конкуренції з бур'янами від двох до восьми тижнів після появи сходів [18]. Конкуренція за такі ресурси, як світло, вода та елементи живлення може призвести до значних втрат урожаю а також погіршити його якісні показники [19]. Вплив бур'янів на рослини сої вже достатньо вивчено, що демонструє важливість ефективних методів боротьби з ними [20]. Подальші дослідження з розробки нових механічних заходів боротьби з бур'янами допоможуть підвищити їх ефективність і збільшити врожайність сої.

За даними отриманими в Канаді в 2014–2015 рр. втрати врожаю органічно вирощеної сої через бур'яни становили від 20 до 44%, при цьому ці втрати були меншими за своєчасного видалення бур'янів. Середня врожайність сортів сої коливалася в межах від 1,38 до 1,81 т/га. Більший вплив на врожайність органічної сої мали умови вирощування та в меншій сортові особливості [21].

Механічна боротьба з бур'янами безпосередньо впливає на бур'яни але не призводить до повного видалення сегетальної рослинності [22]. Механічна боротьба з бур'янами залежить від обладнання і є компромісом між їй оптимізацією та мінімізацією пошкодження рослин сої. Місцеві кліматичні та ґрунтові умови, початковий розвиток і стадія розвитку бур'янів є факторами, що впливають на успіхи механічного видалення бур'янів і на врожайність сої [23].

Незамінною ланкою поряд з механічним обробітком ґрунту в процесі захисту посівів сої від бур'янів є сівозна, роль якої в органічному землеробстві не обмежується впливом на вміст поживних речовин у ґрунті та боротьбою зі шкідниками. На етапі переходу від звичайного до органічного способу вирощування важливим стає науково обґрунтоване планування розміщення культур [24].

Альтернативні механічному знищенню бур'янів методи, такі як мульчування ґрунту та сумісні посіви були досліджені, але показали незначну ефективність через специфічні умови навколишнього середовища [25]. Сумісні посіви можна розглядати як перспективний метод боротьби з бур'янами. Для сої це передбачає сумісне вирощування з рослинами, що здатні конкурувати з бур'янами але не сильно з рослинами сої [26].

Спалювання сегетальної рослинності пропаном у поєднанні з культивацією може бути потенційним альтернативним інструментом боротьби з бур'янами за органічного вирощування сої. Комбінація механічного обробітку та вогневих культиваторів було найкращим варіантом, який забезпечив знищення 80–82% бур'янів та отримання врожайності сої на рівні 3,41–3,67 т/га [27].

За результатами досліджень проведених в Люксембурзі в 2018–2019 рр. встановлено, що врожайність зерна сої була практично однаковою на варіантах з міжрядним обробітком і ручними прополюваннями а також була подібною між обробітком голчастими бородами і без бур'яновим контролем [28].

В Правобережному Лісостепу України максимальний рівень урожайності сої за органічної технології вирощування формується у варіанті, який передбачає інокулювання насіння фосфонітрагіном, позакореневе підживлення азотофітом на фоні обробітку агрегатом з дисковими робочими органами. У сорту Легенда він становив 2,76 т/га, сорту Устя – 2,89 т/га, Київська 98 – 3,17 т/га [29].

Метою наших досліджень було вивчення впливу заходів контролювання чисельності бур'янів і інокуляції насіння на врожайність сортів сої за органічного вирощування.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження були проведені в 2020–2022 рр. в умовах Науково-виробничого центру Білоцерківського

національного аграрного університету за наступною схемою: Фактор А. Сорти сої. 1. ранньостиглий Таурус; 2. середньоранній ЕС Тенор; 3. середньостиглий Сігалія. Фактор Б. Заходи контролювання чисельності бур'янів. 1. без проведення (контроль); 2. міжрядний обробіток; 3. підгортання рослин сої у фазі сім'ядоль; 4. підгортання рослин сої у фазі 1-го справжнього листка. Фактор В. Інокулювання насіння. 1. без інокуляції (контроль); 2. Легум Фікс; 3. Біоінокулянт БТУ-т; 4. Біомаг соя.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий вилугований, середньоглибокий, малогумусний, грубопилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесі. Площа посівної ділянки – 30 м², облікова – 25 м², повторність досліду триразова, розміщення варіантів систематичне.

Дослідження проводилися згідно методичних рекомендацій [30–31]. Попередник – пшениця озима. Спосіб сівби – широкорядний з шириною міжрядь 45 см. Густина стояння рослин 600 тис. шт/га. Міжрядний обробіток ґрунту проводили у фазу першого трійчастого листка та перед змиканням рядків. Решту заходів контролювання чисельності бур'янів виконували згідно схеми досліду. Збирання сої проводили подільноночно, методом суцільного обмолоту комбайном Massey Ferguson 16 MF за повного дозрівання зерна.

Результати досліджень. На основі аналізу отриманих даних встановлено вплив досліджуваних факторів (сорт, заходи контролювання чисельності бур'янів і інокулювання насіння) на формування урожайності зерна сої як по рокам проведення досліджень так і в середньому за три роки. Слід відмітити вплив умов року на продуктивність культури і відповідну реакцію досліджуваних сортів сої на зміну кліматичних показників (табл. 1). Так, в 2020 і 2021 рр. погодні умови були сприятливими для росту і розвитку рослин сої. Сума опадів перевищувала середньобогаторічні показники на 50,3 і 23,4% а температура повітря була вищою на 0,9 і 0,5 °С. В 2021 р. спостерігали нестачу опадів в 2 і 3 декади липня і серпня, що зумовило незначне зменшення продуктивності культури.

В 2022 р. під час всього періоду вегетації сої спостерігався дефіцит опадів, крім квітня і вересня. На фоні високих температур повітря в червні (+1,5°С), липні (2,0°С) і серпні (+ 6,0°С) це негативно позначилося на ростових процесах рослин та урожайності сої.

В 2020 р., за достатньої та в окремі місяці надмірної кількості опадів та невисоких температур рівень урожайності сої мав максимальні значення за роки досліджень і становив у сорту Таурус 1,11–2,61 т/га, сорту ЕС Тенор – 1,63–2,81 т/га і у сорту Сігалія – 1,95–2,93 т/га, відповідно (табл. 2–4). В 2021 р. врожайність зерна сої у сорту Таурус варіювала від 1,29 до 2,41 т/га, сорту ЕС Тенор – від 1,54 до 2,69, сорту Сігалія – від 1,69 до 2,77 т/га. В 2022 р. під впливом несприятливих кліматичних умов продуктивність сої була меншою на 12,0–26,1% у ранньостиглого сорту, на 8,6–20,0% у середньораннього і на 11,4–30,2% у середньостиглого, порівняно з попередніми роками. Сорт ЕС Тенор виявився більш

адаптованим до стресових умов вирощування і коливання урожайності у нього було найменшим.

У середньому за три роки максимальний рівень урожайності отримано на варіантах із проведенням передпосівної інокуляції насіння препаратом Біомаг соя. Урожайність зерна, в середньому по заходах контролювання чисельності бур'янів, становила у сорту Таурус – 2,05 т/га, сорту ЕС Тенор – 2,33 т/га і Сігалія – 2,45 т/га за значень на контрольних варіантах – 1,70, 1,99 і 2,12 т/га. При використанні препаратів Легум Фікс і Біоінокулянт БТУ-т показники врожайності становили у досліджуваних сортів 2,01, 2,26 і 2,40 т/га та 2,02, 2,29 і 2,42 т/га, відповідно. Приріст урожайності від інокулювання насіння Легум Фікс, залежно від сорту та заходів контролювання чисельності бур'янів коливався в межах від 0,24 до 0,31 т/га, Біоінокулянт БТУ-т – від 0,28 до 0,33 т/га, Біомаг соя – від 0,30 до 0,41 т/га. Слід відмітити відсутність достовірної різниці у роки проведення досліджень між варіантами з інокуля-

цією насіння Біоінокулянт БТУ-т і Біомаг соя, яка в багатьох випадках була в межах похибки $НІР_{0,5}$. За використання препарату Легум Фікс врожайність зерна була меншою на 0,03–0,07 т/га ніж на третьому і четвертому варіантах з проведенням інокулювання насіння. Але за міжрядних обробітків спостерігається тенденція до її зростання, порівняно з ділянками де вирощували насіння оброблене Біоінокулянт БТУ-т.

Досліджувані сорти сої позитивно реагували на проведення заходів контролювання чисельності бур'янів. Так, при використанні міжрядного обробітку у сортів Таурус, ЕС Тенор і Сігалія приріст урожайності зерна сої становив 0,40–0,43, 0,48–0,52 і 0,46–0,49 т/га, порівняно з контролем. За підгортання рослин сої у фазі сім'ядоль це збільшення складало 0,62–0,64, 0,64–0,68 і 0,58–0,66 т/га. Найвищу продуктивність культури отримано за підгортання рослин сої у фазі 1-го справжнього листка – 2,24, 2,54 і 2,61 т/га, що на 0,72–0,81 т/га вище контр-

Таблиця 1 – Сума опадів та температура повітря в роки досліджень (за даними Білоцерківської метеостанції)

Місяць	2020 р.		2021 р.		2022 р.		Середньобогаторічні показники	
	опад, мм	температура повітря, °С	опад, мм	температура повітря, °С	опад, мм	температура повітря, °С	опад, мм	температура повітря, °С
Квітень	58,8	8,6	43,9	7,3	41,2	8,5	40,3	8,4
Травень	128,0	11,2	81,0	12,5	24,9	13,1	55,2	14,9
Червень	102,5	19,4	64,4	18,1	33,9	19,3	63,2	17,8
Липень	51,7	20,1	88,4	22,3	30,2	21,1	61,4	19,1
Серпень	55,2	19,9	90,5	21,3	23,3	24,4	39,5	18,4
Вересень	62,2	18,7	7,9	14,1	108,0	13,5	45,3	13,8
Сума	458,4	16,3	376,1	15,9	261,5	16,7	304,9	15,4

Таблиця 2 – Урожайність зерна сорту сої Таурус залежно від технології вирощування, т/га

Заходи контролювання чисельності бур'янів (Фактор А)	Інокулювання насіння (Фактор В)	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середня
контроль	без інокуляції	1,41	1,29	1,08	1,26
	Легум Фікс	1,68	1,55	1,38	1,54
	Біоінокулянт БТУ-т	1,72	1,59	1,41	1,57
	Біомаг соя	1,75	1,62	1,42	1,60
міжрядний обробіток	без інокуляції	1,89	1,73	1,46	1,69
	Легум Фікс	2,27	1,99	1,71	1,99
	Біоінокулянт БТУ-т	2,25	1,98	1,70	1,98
	Біомаг соя	2,30	2,01	1,70	2,00
підгортання рослин сої у фазі сім'ядоль	без інокуляції	2,06	1,92	1,67	1,88
	Легум Фікс	2,42	2,23	1,88	2,18
	Біоінокулянт БТУ-т	2,46	2,26	1,90	2,21
	Біомаг соя	2,50	2,28	1,91	2,23
підгортання рослин сої у фазі 1-го справжнього листка	без інокуляції	2,12	2,02	1,78	1,97
	Легум Фікс	2,48	2,31	2,05	2,28
	Біоінокулянт БТУ-т	2,55	2,37	2,09	2,34
	Біомаг соя	2,61	2,41	2,12	2,38
$НІР_{0,5}$, т/га, для	А	0,05	0,08	0,07	
	В	0,04	0,03	0,03	
	АВ	0,10	0,12	0,09	

ольних варіантів. Тобто четвертий варіант заходів контролювання чисельності бур'янів забезпечує врожайність зерна сої вищу на 10,7–17,1 і 3,5–6,4%, порівняно з другим і третім.

В дослідженнях В. В. Пиндуса [29] за органічного вирощування сої, встановлено вищу ефек-

тивність дискування міжрядь культиватором Naquwu-1032 RS/L2,1, порівняно з УСМК-5,4, яка складала для сорту Легенда на фоні без позакореневого підживлення – 4,6%, за обробки насіння фосфонітрагіном – 9,2%, при позакореновому підживлення препаратом азотофіт 4,2–7,6%.

Таблиця 3 – Урожайність зерна сорту сої ЕС Тенор залежно від технології вирощування, т/га

Заходи контролювання чисельності бур'янів (Фактор А)	Інокулювання насіння (Фактор В)	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середня
контроль	без інокуляції	1,63	1,54	1,35	1,51
	Легум Фікс	1,93	1,79	1,60	1,77
	Біоінокулянт БТУ-т	1,96	1,84	1,62	1,81
	Біомаг соя	1,98	1,86	1,63	1,82
міжрядний обробіток	без інокуляції	2,20	2,05	1,71	1,99
	Легум Фікс	2,46	2,39	2,01	2,29
	Біоінокулянт БТУ-т	2,45	2,39	1,98	2,27
	Біомаг соя	2,55	2,45	2,04	2,35
підгортання рослин сої у фазі сім'ядоль	без інокуляції	2,38	2,22	1,92	2,17
	Легум Фікс	2,63	2,48	2,12	2,41
	Біоінокулянт БТУ-т	2,66	2,53	2,16	2,45
	Біомаг соя	2,71	2,58	2,23	2,51
підгортання рослин сої у фазі 1-го справжнього листка	без інокуляції	2,50	2,35	2,03	2,29
	Легум Фікс	2,75	2,62	2,38	2,58
	Біоінокулянт БТУ-т	2,78	2,66	2,42	2,62
	Біомаг соя	2,81	2,69	2,46	2,65
НІР _{0,5} , т/га, для	А	0,06	0,07	0,06	
	В	0,03	0,03	0,04	
	АВ	0,11	0,10	0,11	

Таблиця 4 – Урожайність зерна сорту сої Сігалія залежно від технології вирощування, т/га

Заходи контролювання чисельності бур'янів (Фактор А)	Інокулювання насіння (Фактор В)	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середня
контроль	без інокуляції	1,95	1,69	1,42	1,69
	Легум Фікс	2,26	1,96	1,59	1,94
	Біоінокулянт БТУ-т	2,29	2,01	1,61	1,97
	Біомаг соя	2,32	2,02	1,62	1,99
міжрядний обробіток	без інокуляції	2,38	2,25	1,82	2,15
	Легум Фікс	2,61	2,52	2,12	2,42
	Біоінокулянт БТУ-т	2,63	2,50	2,08	2,40
	Біомаг соя	2,68	2,54	2,16	2,46
підгортання рослин сої у фазі сім'ядоль	без інокуляції	2,50	2,37	1,94	2,27
	Легум Фікс	2,82	2,69	2,19	2,57
	Біоінокулянт БТУ-т	2,85	2,73	2,23	2,60
	Біомаг соя	2,90	2,78	2,26	2,65
підгортання рослин сої у фазі 1-го справжнього листка	без інокуляції	2,61	2,50	2,03	2,38
	Легум Фікс	2,85	2,72	2,41	2,66
	Біоінокулянт БТУ-т	2,89	2,75	2,42	2,69
	Біомаг соя	2,93	2,77	2,44	2,71
НІР _{0,5} , т/га, для	А	0,07	0,06	0,06	
	В	0,03	0,03	0,02	
	АВ	0,13	0,10	0,10	

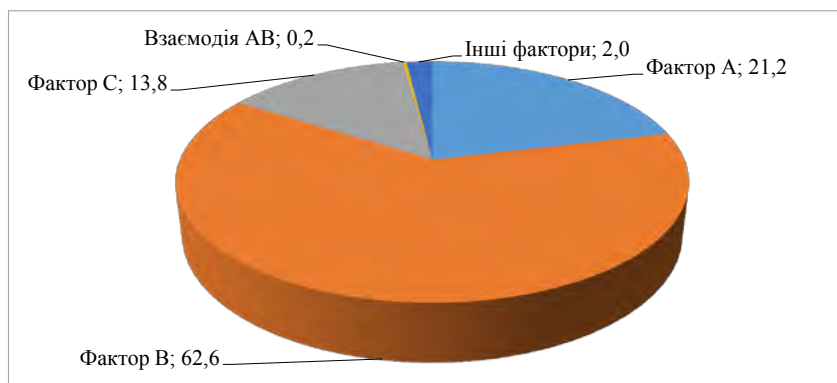


Рис. 1. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність зерна сої (середнє за 2020-2022 рр.), %. Фактор А – сорти сої, Фактор В – Заходи контролювання чисельності бур'янів, Фактор С – Інокулювання насіння

Серед сортів, в середньому за три роки, найвищу врожайність зерна отримано у середньостиглого Сігалія – 2,35 т/га, у середньораннього ЕС Тенор вона становила 2,22 т/га а у ранньостиглого Таурус – 1,94 т/га. Тобто різниця між середньораннім і середньостиглим сортом складала 0,13 т/га або 5,4% а в несприятливому 2022 р. вона взагалі була в межах 0,04 т/га (2%). Тому враховуючи це більш адаптованим до вирощування за органічною технологією є середньоранній сорт ЕС Тенор.

Вплив досліджуваних елементів органічної технології вирощування на формування урожайності зерна сої визначався реакцією сортів на дію факторів життя рослин. За результатами дисперсійного аналізу встановлено, в середньому по досліді, що на формування рівня урожайності зерна сої найбільший вплив мали заходи контролювання чисельності бур'янів (62,6%) (рис. 1).

Генотип (сорт) мав менший вплив на формування продуктивності – 21,2% а дольова частка фактору С (інокулювання насіння) у формуванні врожаю сої становила 13,8%. Взаємодія досліджуваних факторів була незначною (0,04–0,2%).

Подібні результати були отримані в Лісостепу України, згідно яких, найбільший вплив серед досліджуваних факторів на формування рівня урожайності сої за органічного вирощування мав міжрядний обробіток, частка участі якого у сорту Київська 98 складала 35,5%, у сорту Легенда –34,9% та у сорту Устя – 33,4%, частка участі інокулювання насіння – 12,1–14,2%, позакореневого підживлення – 18,1–21,5% [29].

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що максимальний рівень урожайності зерна у сортів Таурус, ЕС Тенор і Сігалія отримано за підгортання рослин сої у фазі 1-го справжнього листка – 2,24, 2,54 і 2,61 т/га, що на 0,72–0,81 т/га вище ніж на контрольних варіантах. На четвертому варіанті заходів контролювання чисельності бур'янів цей показник був вищим на 10,7–17,1 і 3,5–6,4%, порівняно з другим і третім. Серед досліджуваних інокулянтів найбільш ефективним виявився Біомаг соя. Урожайність зерна становила за його застосування у сорту Таурус – 2,05 т/га, сорту

ЕС Тенор – 2,33 т/га і Сігалія – 2,45 т/га. При цьому в роки досліджень не спостерігалось достовірної різниці між варіантами з інокуляцією насіння Біоінокулянт БТУ-т і Біомаг соя.

На основі дисперсійного аналізу виявлено, що на формування рівня урожайності зерна сої найбільший вплив мали заходи контролювання чисельності бур'янів – 62,6%, генотип (сорт) впливав на рівні 21,2% а інокулювання насіння на 13,8%. Серед сортів сої найвищу врожайність зерна отримано у Сігалія – 2,35 т/га, у ЕС Тенор вона становила 2,22 т/га, а у Таурус – 1,94 т/га. Різниця по зерновій продуктивності між середньостиглим і середньораннім сортом складала 0,13 т/га або 5,4%. Рекомендується вирощувати за органічною технологією середньоранній сорт ЕС Тенор з інокуляцією насіння препаратом Біомаг соя та підгортанням рослин сої у фазі 1-го справжнього листка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Nendel C., Reckling M., Debaeke P., Schulz S., Berg-Mohnicke M., Constantin J., Battisti R. Future area expansion outweighs increasing drought risk for soybean in Europe. *Global Change Biology*. 2023. № 29(5). pp. 1340–1358.
2. Karges K., Bellingrath-Kimura S. D., Watson C. A., Stoddard F. L., Halwani M., Reckling M. Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe. *European Journal of Agronomy*. 2022. № 133. P. 126415.
3. Eurostat. (2021). European Commission. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat>
4. FAOSTAT. (2019). Statistics Database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/statistics/databases/en/>
5. Von der Crone C. Supply of organic soy from EU production for more sustainability. *Gazdaság és társadalom*. 2022. Т. 14. № 1. pp. 62–76.
6. Willer H., Lernoud J. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM-Organics International. 2017. pp. 1–336.
7. Hartman G. L., Pawlowski M. L., Herman T. K., Eastburn D. Organically grown soybean production in the

USA: Constraints and management of pathogens and insect pests. *Agronomy*. 2016. № 6(1). p. 16.

8. Voskobiinyk Y. P., Havaza I. V. Capacity of the organic produce market in Ukraine. *Agroinkom*. 2013. № 4. 7–10.

9. Грабовська Т., Лавров В., Грабовський М. Чи варто довіряти органічній продукції? *Екологічний вісник*. 2021. № 5 (129). С. 22–26.

10. AgroPolit.com. Organic Production in Ukraine is Growing 5 Times Faster than in the EU. 17 June 2019. URL: <https://agropolit.com/news/12556-organichne-virobnitstvo-v-ukrayini-zrostaye-u-5-raziv-shvidshe-nij-v-yes>

11. AgroPortal. Organic Ukraine in Infographic. 13 March 2019. URL: <https://agroportal.ua/en/publishing/infografika/organicheskaya-ukraina-v-infografike/>

12. Ostapenko R., Herasymenko Y., Nitsenko V., Koliadenko S., Balezentis T., Streimikiene D. Analysis of production and sales of organic products in Ukrainian agricultural enterprises. *Sustainability*. 2020. № 12(8). 3416.

13. Ohnishi S., Miyoshi T., Shirai S. Low temperature stress at different flower developmental stages affects pollen development, pollination, and pod set in soybean. *Environmental and Experimental Botany*. 2010. T. 69. № 1. pp. 56–62.

14. Reckling M., Döring T. F., Bergkvist G., Stoddard F. L., Watson C. A., Seddig S., Bachinger J. Grain legume yields are as stable as other spring crops in long-term experiments across northern Europe. *Agronomy for sustainable development*. 2018. № 38. pp. 1–10.

15. Gawęda D., Nowak A., Haliniarz M., Woźniak A. Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International journal of plant production*. 2020. № 14(3). pp. 475–485.

16. Vollmann J., Wagentristl H., Hartl W. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy*. 2010. T. 32. № 4. pp. 243–248.

17. Cober E. R., Morrison M. J. Genetic Improvement Estimates, from Cultivar^x Crop Management Trials, Are Larger in High-Yield Cropping Environments. *Crop Science*. 2015. T. 55. № 4. pp. 1425–1434.

18. Absy R., Yacoub I. H. Prediction of Critical Periods for Weed Interference in Soybean. *Journal of Plant Production*. 2020. T. 11. № 1. pp. 25–34.

19. Rüdell E. C., Petrolli I. D. S., Santos F. M. D., Frandaloso D., Silva D. R. O. D. Weed interference capacity on soybean yield. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2021. № 74(2). pp. 9541–9547.

20. Ball M. G., Caldwell B. A., DiTommaso A., Drinkwater L. E., Mohler C. L., Smith R. G., Ryan M. R. Weed community structure and soybean yields in a long-term organic cropping systems experiment. *Weed Science*. 2019. № 67(6). 673–681.

21. Carkner M. K., Entz M. H. Growing environment contributes more to soybean yield than cultivar under organic management. *Field Crops Research*. 2017. T. 207. pp. 42–51.

22. Malone R. W., O'Brien P. L., Herbstritt S., Emmett B. D., Karlen D. L., Kaspar T. C., Richard T. L. Rye-soybean double-crop: planting method and N fertilization effects in the North Central US. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2022. № 37(5). pp. 445–456.

23. Gonçalves S. L., Farias J. R. B., Sibaldelli R. N. R. Soybean production and yield in the context of glo-

bal climatic changes. *CABI Reviews*. 2021. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20211601>

24. Плаксюк Л. Б., Вдовиченко А. В., Терновий Ю. В. Оцінка гербологічної ситуації на посівах сої у перехідному періоді до органічного землеробства в умовах зміни клімату. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 1. С. 123–126.

25. Datta A., Ullah H., Tursun N., Pornprom T., Knezevic S. Z., Chauhan B. S. Managing weeds using crop competition in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Crop protection*. 2017. № 95. pp. 60–68.

26. Cheriére T., Lorin M., Corre-Hellou G. Species choice and spatial arrangement in soybean-based intercropping: Levers that drive yield and weed control. *Field Crops Research*. 2020. T. 256. pp. 107923.

27. Stepanovic S., Datta A., Neilson B., Bruening C., Shapiro C., Gogos G., Knezevic S. Z. The effectiveness of flame weeding and cultivation on weed control, yield and yield components of organic soybean as influenced by manure application. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2016. № 31(4). pp. 288–299.

28. Richard D., Leimbrock-Rosch L., Keßler S., Stoll E., Zimmer S. Soybean yield response to different mechanical weed control methods in organic agriculture in Luxembourg. *European Journal of Agronomy*. 2023. № 147. 126842.

29. Пиндус В. В. Формування продуктивності сортів сої за органічного землеробства в умовах Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. канд. с.-г. наук. ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ, 2014. 20 с.

30. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єщенко В. О. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

31. Рекомендації по ефективному застосуванню мікробіологічних препаратів у сучасному ресурсозберігаючому землеробстві. Чернігів, 1999. 22 с.

REFERENCES:

1. Nendel, C., Reckling, M., Debaeke, P., Schulz, S., Berg-Mohnicke, M., Constantin, J., & Battisti, R. (2023). Future area expansion outweighs increasing drought risk for soybean in Europe. *Global Change Biology*, 29(5), 1340–1358

2. Karges, K., Bellingrath-Kimura, S. D., Watson, C. A., Stoddard, F. L., Halwani, M., Reckling, M. (2022). Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe. *European Journal of Agronomy*, 133, 126415

3. Eurostat. (2021). European Commission. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat>

4. FAOSTAT. (2019). Statistics Database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/statistics/databases/en/>

5. Von der Crone, C. (2022). Supply of organic soy from EU production for more sustainability. *Gazdaság és társadalom*, 14(1), 62–76

6. Willer, H., & Lernoud, J. (2017). The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM-Organics International, 1–336

7. Hartman, G.L., Pawlowski, M.L., Herman, T.K., & Eastburn, D. (2016). Organically grown soybean production in the USA: Constraints and management of pathogens and insect pests. *Agronomy*, 6(1), 16

8. Voskobiinyk, Y.P., & Havaza, I.V. (2013). Capacity of the organic produce market in Ukraine. *Agroikom*, 4, 7–10.
9. Grabovska, T., Lavrov, V., Grabovskyi, M. (2021). Chy varto doviryaty orhanichnii produktsii? [Should we trust organic products]? *Environmental Herald*, 5 (129), 22–26 [in Ukrainian].
10. AgroPolit.com. Organic Production in Ukraine is Growing 5 Times Faster than in the EU. 17 June 2019. URL: <https://agropolit.com/news/12556-organichne-virobnitstvo-v-ukrayini-zrostaye-u-5-raziv-shvidshe-nij-v-yes>
11. AgroPortal. Organic Ukraine in Infographic. 13 March 2019. URL: <https://agroportal.ua/en/publishing/infografika/organicheskaya-ukraina-v-infografike/>
12. Ostapenko, R., Herasymenko, Y., Nitsenko, V., Koliadenko, S., Balezentis, T., & Streimikiene, D. (2020). Analysis of production and sales of organic products in Ukrainian agricultural enterprises. *Sustainability*, 12(8), 3416
13. Ohnishi, S., Miyoshi, T., & Shirai, S. (2010). Low temperature stress at different flower developmental stages affects pollen development, pollination, and pod set in soybean. *Environmental and Experimental Botany*, 69(1), 56–62
14. Reckling, M., Döring, T. F., Bergkvist, G., Stoddard, F. L., Watson, C. A., Seddig, S., & Bachinger, J. (2018). Grain legume yields are as stable as other spring crops in long-term experiments across northern Europe. *Agronomy for sustainable development*, 38, 1–10
15. Gawęda, D., Nowak, A., Haliniarz, M., Woźniak, A. (2020). Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International journal of plant production*, 14(3), 475–485
16. Vollmann, J., Wagentristsl, H., & Hartl, W. (2010). The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy*, 32(4), 243–248
17. Cober, E. R., & Morrison, M. J. (2015). Genetic Improvement Estimates, from Cultivar × Crop Management Trials, Are Larger in High-Yield Cropping Environments. *Crop Science*, 55(4), 1425–1434
18. Absy, R., & Yacoub, I. H. (2020). Prediction of Critical Periods for Weed Interference in Soybean. *Journal of Plant Production*, 11(1), 25–34
19. Rüdell, E. C., Petrolli, I. D. S., Santos, F. M. D., Frandaloso, D., & Silva, D. R. O. D. (2021). Weed interference capacity on soybean yield. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(2), 9541–9547
20. Ball, M. G., Caldwell, B. A., DiTommaso, A., Drinkwater, L. E., Mohler, C. L., Smith, R. G., & Ryan, M. R. (2019). Weed community structure and soybean yields in a long-term organic cropping systems experiment. *Weed Science*, № 67(6), 673–681
21. Carkner, M. K., & Entz, M. H. (2017). Growing environment contributes more to soybean yield than cultivar under organic management. *Field Crops Research*, 207, 42–51
22. Malone, R. W., O'Brien, P. L., Herbstritt, S., Emmett, B. D., Karlen, D. L., Kaspar, T. C., & Richard, T. L. (2022). Rye-soybean double-crop: planting method and N fertilization effects in the North Central US. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 37(5), 445–456
23. Gonçalves, S. L., Farias, J. R. B., & Sibaldelli, R. N. R. (2021). Soybean production and yield in the context of global climatic changes. *CABI Reviews*. <https://doi.org/10.1079/PAVSNR20211601>
24. Plaksyuk, L. B., Vdovichenko, A. V., & Ternovy, Yu. V. (2017). Otsinka herbolohichnoi sytuatsii na posivakh soi u perekhidnomu periodi do orhanichnoho zemlerobstva v umovakh zminy klimatu [Evaluation of the herbolohical situation on soybean crops in the transition period to organic farming in the conditions of climate change]. *Balanced nature management*, 1, 123–126 [in Ukrainian].
25. Datta, A., Ullah, H., Tursun, N., Pornprom, T., Knezevic, S. Z., Chauhan, B. S. (2017). Managing weeds using crop competition in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Crop protection*, 95, 60–68
26. Cherie, T., Lorin, M., & Corre-Hellou, G. (2020). Species choice and spatial arrangement in soybean-based intercropping: Levers that drive yield and weed control. *Field Crops Research*, 256, 107923
27. Stepanovic, S., Datta, A., Neilson, B., Bruening, C., Shapiro, C., Gogos, G., & Knezevic, S. Z. (2016). The effectiveness of flame weeding and cultivation on weed control, yield and yield components of organic soybean as influenced by manure application. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 31(4), 288–299
28. Richard, D., Leimbrock-Rosch, L., Keßler, S., Stoll, E., & Zimmer, S. (2023). Soybean yield response to different mechanical weed control methods in organic agriculture in Luxembourg. *European Journal of Agronomy*, 147, 126842
29. Pindus, V. V. (2014). Formuvannya produktyvnosti sortiv soi za orhanichnoho zemlerobstva v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny [Formation of productivity of soybean varieties under organic farming in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Extended abstract of candidate's thesis*, Kyiv [in Ukrainian].
30. Yeshchenko, V.O. (Ed.). (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomiyi [Basics of scientific research in agronomy]*. Vinnytsia: "Edelweiss and K" [in Ukrainian].
31. *Rekomendatsiyi po efektyvnomu zastosuvannya mikrobiolohichnykh preparativ u suchasnomu resursozberihayuchomu zemlerobstvi [Recommendations for the effective use of microbiological preparations in modern resource-saving agriculture]* (1999). Chernihiv, 22 [in Ukrainian].

Німенко С.С., Грабовський М.Б. Урожайність зерна сортів сої залежно від елементів органічної технології вирощування

Метою досліджень було вивчення впливу заходів контролювання чисельності бур'янів і інокуляції насіння на врожайність сортів сої за органічного вирощування. **Методи.** Польовий, аналітичний та статистичний. Дослідження проводились в 2020–2022 рр. в умовах Науково-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету за наступною схемою: Фактор А. Сорти сої. 1. ранньостиглий Таурус; 2. середньоранній ЕС Тенор; 3. середньостиглий Сігалія. Фактор Б. Заходи контролювання чисельності бур'янів. 1. без проведення (контроль); 2. міжрядний обробіток; 3. підгортання рослин сої у фазі сім'ядоль; 4. підгортання рослин сої у фазі 1-го справжнього листка. Фактор В. Інокулювання насіння. 1. без інокуляції (контроль); 2. Легум Фікс; 3. Біоінокулянт БТУ-т; 4. Біомаг соя. Технологія вирощування сої в досліді відповідала

основним принципам органічного виробництва. **Результати.** За результатами проведених досліджень встановлено, що максимальний рівень урожайності зерна у сортів Таурус, ЕС Тенор і Сігалія отримано за підгортання рослин сої у фазі 1-го справжнього листка – 2,24, 2,54 і 2,61 т/га, що на 0,72–0,81 т/га вище ніж на контрольних варіантах. На четвертому варіанті заходів контролювання чисельності бур'янів цей показник був вищим на 10,7–17,1 і 3,5–6,4%, порівняно з другим і третім. Серед досліджуваних інокулянтів найбільш ефективним виявився Біомаг соя. Урожайність зерна становила у сорту Таурус – 2,05 т/га, сорту ЕС Тенор – 2,33 т/га і Сігалія – 2,45 т/га. При цьому в роки досліджень не спостерігалось достовірної різниці між варіантами з інокуляцією насіння Біоінокулянт БТУ-т і Біомаг соя. **Висновки.** На основі дисперсійного аналізу виявлено, що на формування рівня урожайності зерна сої найбільший вплив мали заходи контролювання чисельності бур'янів – 62,6%, генотип (сорт) впливав на рівні 21,2% а інокулювання насіння на 13,8%. Серед сортів сої найвищу врожайність зерна отримано у Сігалія – 2,35 т/га, у ЕС Тенор вона становила 2,22 т/га а у Таурус – 1,94 т/га. Рекомендується вирощувати за органічною технологією середньоранній сорт ЕС Тенор з інокуляцією насіння препаратом Біомаг соя та підгортанням рослин сої у фазі 1-го справжнього листка.

Ключові слова: органічна технологія, інокулювання насіння, підгортання рослин, міжрядний обробіток ґрунту, продуктивність.

Nimenko S.S., Grabovskyi M.B. Grain yield of soybean varieties depends on elements of organic growing technology

The purpose of the research was to study the impact of weed control measures and seed inoculation on the yield of soybean varieties under organic cultivation.

Methods. Field, analytical and statistical. The research was conducted in 2020–2022 in the conditions of the

Scientific and Production Center of the Bila Tserkva National Agrarian University according to the following scheme: Factor A. Soybean varieties. 1. Taurus; 2. ES Tenor; 3. Sigalia. Factor B. Weed control measures. 1. without conducting (control); 2. inter-row processing; 3. uprooting of soybean plants in the cotyledon phase; 4. uprooting of soybean plants in the phase of the 1-st true leaf. Factor B. Seed inoculation. 1. without inoculation (control); 2. Legum Fix; 3. Bioinoculant BTU-t; 4. Biomag soybean. The technology of growing soybeans in the experiment corresponded to the basic principles of organic production. **Results.** According to the results of the conducted research, it was established that the maximum level of grain yield of the varieties Taurus, EC Tenor and Sigalia was obtained of uprooting soybean plants in the phase of the 1-st true leaf – 2.24, 2.54 and 2.61 t/ha, which is 0.72–0.81 t/ha higher than on the control variants. In the fourth variant of measures to control the number of weeds, this indicator was higher by 10.7–17.1 and 3.5–6.4%, compared to the second and third. Among the studied inoculants, Biomag soybean proved to be the most effective. The grain yield of the variety Taurus was 2.05 t/ha the EC Tenor variety was 2.33 t/ha and Sigalia was 2.45 t/ha. At the same time, during the years of research, no significant difference was observed between the variants with seed inoculation Bioinoculant BTU-t and Biomag soybean. **Conclusions.** On the basis of variance analysis, it was found that weed control measures had the greatest influence on the formation of soybean grain yield – 62.6%, genotype had an influence on the level of 21.2% and seed inoculation on 13.8%. Among soybean varieties the highest grain yield was obtained in Sigalia – 2.35 t/ha, EC Tenor it was 2.22 t/ha, and Taurus – 1.94 t/ha. It is recommended to grow according to organic technology the mid-early variety EC Tenor with inoculation of seeds Biomag soybean and uprooting soybean plants in the phase of the 1-st true leaf.

Key words: organic technology, seed inoculation, tillering of plants, inter-row tillage, productivity.