

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 633.34:631.51.021:631.8:631.67

[http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28\(42\)-15](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-15)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ВИРОЩУВАННІ СОЇ НА ЗРОШЕННІ

Малярчук М., д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб.;

e-mail: mpmaliarchuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0150-6121>

Булигін Д., канд. с.-г. наук

e-mail: dobulyhin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4810-965x>

Малярчук А., канд. с.-г. наук

e-mail: baktroban@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5845-269x>,

Мишукова Л.

e-mail: mishukova1920@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0287-7477>

Інститут зрошуваного землеробства НААН

Анотація

У статті наведено результати експериментальних досліджень впливу різних способів і глибини основного обробітку та доз мінеральних добрив на агрофізичні властивості ґрунту, поживний режим і продуктивність сої.

Мета досліджень – встановлення найбільш ефективних способів основного обробітку ґрунту і доз застосування мінеральних добрив у вирощуванні сої в просапній сівозміні на зрошенні півдня України та їхнього впливу на ріст і розвиток рослин і формування врожаю та якості насіння. Під час експерименту використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний **методи** з використанням загальноовизначених методик і методичних рекомендацій. Для визначення ефективності застосування основного обробітку ґрунту та доз внесення мінеральних добрив на продуктивність сої було закладено п'ять варіантів способів і глибини основного обробітку та три варіанти систем удобрення: органічна і дві органо-мінеральні з дозами внесення мінеральних добрив – $N_{30}P_{60}$, $N_{60}P_{60}$ на фоні післязливних решток культур сівозміни та оптимального режиму зрошення.

Результати. Під впливом способів, глибини та систем основного обробітку й удобрення в сівозміні відбулися зміни агрофізичних властивостей, поживного режиму, що обумовило створення різних умов для росту і розвитку культури та формування врожаю. Урожайність насіння сої за оранки на глибину 25-27 см склала в середньому за п'ять років на органо-мінеральній системі удобрення з внесенням під сою $N_{60}P_{60}$ – 4,22 т/га. За комбінованого обробітку, який поєднував дискове розпушування на 14-16 см з щільуванням на глибину 38-40 см у системі диференційованого-1 обробітку ґрунту отримано 4,12 т/га насіння сої. У середньому по фактору В (система удобрення) урожайність насіння сої за органічної системи удобрення склала 2,38 т/га. Унесення дози добрив $N_{30}P_{60}$ сприяло зростанню врожаю на 0,84 т/га, а $N_{60}P_{60}$ на 1,39 т/га, або на 35,2 та 58,4 % відповідно.

Висновок. У коротко-ротаційних просапних сівозмінах на зрошуваних землях півдня України найбільш сприятливі умови для росту, розвитку і формування врожаю насіння сої на темно-каштанових ґрунтах створюються за систем різноглибинного основного обробітку ґрунту з обертанням скиби або диференційованого з одним за ротацію комбінованим обробітком, який поєднує мілке дискове розпушування зі щільуванням на глибину 38-40 см під попередню культуру.

Ключові слова: соя, спосіб і глибина обробітку, мінеральні добрива, агрофізичні властивості, урожайність.

Вступ. Соя — найпоширеніша зернобобова й олійна культура нашої планети, яку вирощують більше 60 країн на п'яти континентах у помірному, субтропічному і тропічному поясах [Lawrence A. Johnson et al., 2015].

Щорічно у світі частка людей, які переважно споживають харчові продукти на основі рослинної сировини, збільшується. Згідно з даними Міністерства охорони здоров'я США, число людей, які споживають регулярно соєві продукти, становить більше 26 мільйонів осіб. Міністерство сільського господарства США навесні 2000 року зняло обмеження на кількість сої, використовуваної в шкільному харчуванні [Булигін Д. О. та ін., 2012].

Усього у світі вирощується близько 150 млн. т сої на рік. США є лідером світового виробництва сої, сьогодні під її посівами зайнято 24 % земельних угідь і вона займає третє місце за популярністю після пшениці та кукурудзи, частка кожної з яких становить 28 % [Морозов В. В. та ін., 2011].

Зараз, особливо в останні 10 років, у світі відбувається соєвий бум. Чисельність виробників сої зростає в геометричній прогресії, бурхливо розвиваються біотехнології. Україна намагається йти в ногу з цими тенденціями і будь-яка продовольча виставка — тому доказ.

Комісія з виробництва продуктів харчування і сільського господарства ФАО ВООЗ встановила, що за вирощування сої 1 га ріллі забезпечує в разі потреби у протеїні 5494 люд/дні, тоді як за вирощуванні пшениці — 2166 люд/днів, рису і кукурудзи — 1909. Отже, економічна ефективність виробництва сої очевидна [Дегодюк Е. Г., 2001].

Постановка завдань. Одним із заходів збереження родючості ґрунту і підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є вибір способу та глибини основного обробітку ґрунту. Насамперед його завдання полягає у створенні сприятливих параметрів структури і щільності будови орного шару, завдяки чому покращуються умови надходження вологи в кореневміс-

ний шар і зменшення її непродуктивних втрат [Малярчук М. П., Мігальов А. О., 2009].

У сучасному світовому землеробстві поряд із традиційними технологіями, які базуються на глибокому полицевому основному обробітку ґрунту, активно досліджуються і використовуються різні способи його мінімізації та навіть сівби в необроблений ґрунт, які розглядаються як основні з факторів збереження родючості ґрунту та економії невідновлюваних джерел енергії [Вожегова Р. А. та ін., 2018].

У вітчизняній та закордонній літературі досить повно висвітлені питання мінімізації основного обробітку ґрунту, удобрення та зрошення під сільськогосподарські культури в різних ґрунтово-кліматичних умовах України [Козирев В. В., 2013; Cortina L. M., Herren U., 2003; Frasier G., 2003].

Аналізуючи дані, отримані дослідниками, можна зробити висновок, що з приводу способу й глибини основного обробітку ґрунту та доз внесення мінеральних добрив під сою в зрошуваних умовах одностайної думки немає.

Мета досліджень — встановлення найбільш ефективних способів основного обробітку ґрунту і доз застосування мінеральних добрив у вирощуванні сої в умовах зрошення на півдні України та їхнього впливу на ріст і розвиток рослин та рівень урожайності і якість насіння.

Методи і матеріали. Дослідження проводились у стаціонарному досліді відділу зрошуваного землеробства ІЗЗ НААН протягом 2016-2020 рр. в 4-пільній просапній сівозміні на зрошуваних землях в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи. Соя сорту Даная висівалася в сівозміні після сорго зернового з нормою висіву 800 тис. шт. схожого насіння на гектар. Для визначення ефективності дії основного обробітку ґрунту та доз добрив на продуктивність сої було закладено п'ять варіантів способів основного обробітку ґрунту та органічна і дві органо-мінеральні системи удобрення з використанням на добриво післяжнивних решток попе-

редньої культури та застосуванням оптимального режиму зрошення.

Фактор А (обробіток ґрунту):

1. Оранка на глибину 25-27 см в системі тривалого застосування різноглибинного полицевого обробітку ґрунту в сівозміні;

2. Чизельний обробіток на глибину 25-27 см в системі тривалого застосування різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту в сівозміні;

3. Дисковий обробіток на глибину 12-14 см в системі беззмінного одноглибинного безполицевого обробітку ґрунту в сівозміні;

4. Дисковий обробіток на глибину 14-16 см, в системі диференційованого обробітку ґрунту зі щільюванням завглибшки 38-40 см один раз за ротацію сівозміни;

5. Дисковий обробіток на глибину 14-16 см в системі диференційованого обробітку ґрунту в сівозміні з однією оранкою за ротацію.

Фактор В (система удобрення):

1. Післяжнивні рештки сорго зернового — без внесення мінеральних добрив;

2. Післяжнивні рештки сорго зернового + $N_{30}P_{60}$

3. Післяжнивні рештки сорго зернового + $N_{60}P_{60}$

Для закладання дослідів використовувались знаряддя: ПЛН-5-35, ПЧ-2,5, АКШ-3,6, БДВП-3,0-01. Подальша технологія вирощування сої була загально-визнаною для зрошуваних умов Степової зони України.

Площа під дослідом — 2 гектари, площа посівної ділянки — 455 м², облікової — 16,4 м². Повторність у досліді — 4-разова. Вологість розрахункового шару ґрунту завтовшки 0,5 м протягом поливного періоду підтримувалася на рівні 75 % НВ. Поливання проводили дощувальним агрегатом ДДА-100 МА.

Ґрунт дослідного поля — темно-каштановий середньосуглинковий з низькою забезпеченістю нітратами та середньою рухомим фосфором і обмінним калієм, уміст гумусу у шарі 0-30 см становить 2,25 %.

Під час експерименту використовували польовий, кількісно-ваговий, візу-

альний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загально-визначених методик і методичних рекомендацій [Вожегова Р. А. та ін., 2014].

Результати. Інтегральним показником сприятливого фізичного стану ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур є щільність складення [Кузнецов І. В., 1990]. Дослідженнями проведеними в різних ґрунтово-кліматичних зонах України встановлено, що щільність ґрунту істотно впливає на хід хімічних і біологічних процесів, розвиток кореневої системи і вегетативної маси сільськогосподарських культур. Сумарна негативна дія ущільнення ґрунту ходовими системами тракторів та іншою мобільною технікою призводить до зниження врожайності на 7-10 %, а за особливо несприятливих умов втрати можуть досягати 50-70 %.

Роки проведення досліджень характеризувались різними гідротермічними умовами, що позначилося на якості основного обробітку і мало певний вплив на основні елементи його ефективної родючості.

Нашими дослідженнями встановлено, що на величину показників щільності складення орного шару ґрунту способи і глибина розпушування мали істотний вплив.

Спостереження за зміною щільності складення шару ґрунту 0-40 см свідчить про те, що цей показник на початку вегетації в середньому за роки дослідження коливався в межах 1,26-1,32 г/см³. Найбільш розпушеним виявився шар ґрунту 0-40 см у варіанті оранки на 25-27 см під сою в системі різноглибинного полицевого основного обробітку ґрунту в сівозміні. У цьому варіанті показник щільності складення становив 1,26 г/см³. Застосування чизельного розпушування на глибину 12-14 см у системі безполицевого мілко-одноглибинного обробітку ґрунту в сівозміні призвело до зростання щільності складення на 0,06 г/см³ або на 4,8 %.

Протягом періоду вегетації під дією гідротермічних умов, поливної води та атмосферних опадів ґрунт ущільнився і до збирання врожаю культури щільність

складення зростає у всіх варіантах досліду до 1,28-1,35 г/см³.

У прямій залежності від показників щільності складення перебуває і пористість. У середньому за 2016-2020 рр. вона була нижчою за оптимальні показники для сої. Під час визначення на початку вегетації пористість у шарі 0-40 см коливалась у межах 49,43-51,87 %, водночас відзначається тенденція до її підвищення у варіантах різноглибинних та диференційованої-1 систем основного обробітку ґрунту.

Ось на початку вегетації пористість шару ґрунту 0-40 см за умов застосування різноглибинних систем обробітку ґрунту була в межах 51,21-51,87 %. Дещо зменшувався цей показник після застосування мілкого одноглибинного безполицевого обробітку і становив 49,43 %.

Також можна відзначити зниження загальної пористості від сівби до збирання врожаю у всіх варіантах основного обробітку ґрунту і шарах орного горизонту (табл. 1).

Виявлено тісний безпосередній зв'язок між пористістю та водопроникністю ґрунту – чим вища пористість, тим вища водопроникність ґрунту. У період сходів

сої найвища водопроникність ґрунту за тригодинної експозиції визначення була у варіантах як полицевої, так і безполицевої систем основного обробітку ґрунту з розпушуванням під сою завглибшки 25-27 см (варіант 1, 2). У цих варіантах досліджуванний показник становив 3,58-4,00 мм/хв., відповідно, тоді як за тривалого безполицевого обробітку на глибину 12-14 см водопроникність зменшилась до 2,89 мм/хв. або на 27,75 % порівняно з контролем.

Перед збиранням урожаю швидкість вбирання та фільтрації води в усіх варіантах досліду зменшилась за загальних нижчих показників у варіантах дискового розпушування на 12-14 см за умов тривалого застосування протягом ротації сівозміни. Найвищу водопроникність ґрунту перед збиранням врожаю отримано за різноглибинної оранки з показником 3,38 мм/хв., тоді як у варіанті з мілким (12-14 см) безполицевим одноглибинним обробітком – 2,26 мм/хв. або менше на 33,1 %. Близьким до контрольного варіанту був варіант різноглибинної безполицевої та диференційованої-1 систем основного обробітку ґрунту з показниками 2,98 та 2,75 мм/хв., відповідно (табл. 2).

Таблиця 1 – Щільність складення шару ґрунту 0-40 см під посівами сої за різних способів і глибини основного обробітку, середнє за 2016-2020 рр.

Система основного обробітку ґрунту	Спосіб і глибина обробітку	Щільність складення, г/см ³		Пористість, %	
		початок вегетації	кінець вегетації	початок вегетації	кінець вегетації
Полицева різноглибинна	25-27 (о)	1,26	1,28	51,87	51,13
Безполицева різноглибинна	25-27 (ч)	1,28	1,30	51,21	50,39
Безполицева одноглибинна	12-14 (д)	1,32	1,35	49,43	48,41
Диференційована-1	14-16 (д)	1,29	1,31	50,59	49,84
Диференційована-2	14-16 (д)	1,31	1,32	50,04	49,45

Таблиця 2 – Водопроникність ґрунту під посівами сої за різних способів і глибини основного обробітку в сівозміні, середнє за 2016-2020 рр.

Система основного обробітку ґрунту	Спосіб і глибина обробітку	Водопроникність, мм/хв.	
		початок вегетації	кінець вегетації
Полицева різноглибинна	25-27 (о)	4,00	3,38
Безполицева різноглибинна	25-27 (ч)	3,58	2,98
Безполицева одноглибинна	12-14 (д)	2,89	2,26
Диференційована-1	14-16 (д)	3,42	2,75
Диференційована-2	14-16 (д)	3,17	2,52

Отже, дослідження, проведені нами протягом 5-ти років дають можливість зробити висновок про те, що глибина основного обробітку ґрунту відіграє вирішальну роль у формуванні водопроникності ґрунту та водозабезпеченні рослин.

Процес зниження водопроникності від завершення основного обробітку ґрунту до сівби та збирання врожаю відбувається під впливом гідротермічних умов весняно-літнього періоду та ущільнювальної дії ходових систем і робочих органів ґрунтообробної, посівної та збиральної техніки.

Під впливом систем основного обробітку ґрунту відбулися зміни агрофізичних властивостей, поживного режиму, що обумовило створення різних умов для росту і розвитку с.-г. культур та формування врожаю. Унаслідок цього урожайність культур сівозміни формувалася різною.

Системи, способи та глибина основного обробітку ґрунту мали вплив, за роками досліджень, на формування урожайності насіння сої в сівозміні на зрошенні.

Система різноглибинного основного обробітку ґрунту з обертанням скиби з оранкою на глибину 25-27 см під сою забезпечувала формуванню найвищого рівня урожайності. Сприятливі умови для росту і розвитку рослин сої створювалися і за диференційованої системи основного обробітку з безполицевим обробітком на глибину 14-16 см під сою на фоні щільювання на 38-40 см один раз за ротацію сівозміни.

Урожайність насіння сої за оранки на 25-27 см склала в середньому за п'ять років на фоні дози добрив $N_{60}P_{60}$ 4,22 т/га. Заміна її на чизельний обробіток з такою самою глибиною розпушування в системі тривалого застосування різноглибинного безполицевого обробітку викликала зниження урожайності насіння в середньому за п'ять років досліджень на 0,32 т/га.

Із застосуванням дискового обробітку на глибину 14-16 см з доповненням щільювання на глибину 38-40 см один раз за ротацію в системі диференційовано-1 обробітку ґрунту отримано 4,12 т/га насіння сої.

Застосування дискового обробітку на глибину 12-14 см в системі мілкового одноступінчастого безполицевого обробітку ґрунту призвело до зниження урожайності на 1,31 т/га, а поглиблення дискового обробітку до 14-16 см в системі диференційовано-2 — на 0,51 т/га.

У середньому по фактору В (система удобрення), урожайність насіння сої без внесення мінеральних добрив склала 2,38 т/га. Внесення $N_{30}P_{60}$ сприяло зростанню врожаю на 0,84 т/га, а $N_{60}P_{60}$ на 1,39 т/га, або на 35,2 та 58,4 % відповідно (табл. 3).

Обговорення. Отже аналіз результатів опублікованих наукових досліджень підтверджує безумовну позитивну дію основного обробітку ґрунту та удобрення сої. Схожими дослідженнями [Козирев В.В. та ін., 2015] було підтверджено ефективність проведення оранки під сою на глибину 23-25 см з внесення фосфогіпсу по мерзлоталому ґрунту з підтриманням вологості ґрунту в критичні періоди розвитку рослин на рівні 70-70-70 % НВ. Серед агротехнічних заходів вирощування сільськогосподарських культур у формуванні високих врожаїв важлива роль належить добривам [Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В., 2005; Філіп'єв І. Д. та ін., 2001].

Сою пред'являє високі вимоги до родючості ґрунту, особливо до умов мінерального живлення. За даними наукових установ нашої країни, на формування врожаю її зерна витрачається велика кількість поживних речовин. Водночас для розрахунку доз азотних добрив під запланований урожай необхідно враховувати, що вона здатна на 1/2-3/4 забезпечувати себе цим елементом живлення завдяки симбіотичній азотфіксації. Рівень азотного живлення при цьому в значній мірі залежить від запасів органічної речовини і ступеня її мінералізації [Городній М. М. та ін., 1998; Кудеяров В. Н., 1999].

Висновок. У коротко-ротаційних сівозмінах на темно-каштанових ґрунтах південної частини Степової зони України найбільш сприятливі умови для росту, розвитку і формування врожаю сої на зро-

Таблиця 3 – Урожайність сої за різних систем, способів і глибини основного обробітку ґрунту та доз внесення мінеральних добрив

Система, спосіб і глибина основного обробітку ґрунту	Доза добрив, кг/га д.р.	Урожайність, т/га					
		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє
Полицева, оранка 25-27 см	без добрив	2,95	2,76	2,57	2,81	2,35	2,69
	N ₃₀ P ₆₀	3,77	3,56	3,71	3,59	3,12	3,55
	N ₆₀ P ₆₀	4,41	4,31	4,30	4,27	3,79	4,22
Безполицева, чизельний 25-27см	без добрив	2,57	2,54	2,32	2,46	2,18	2,41
	N ₃₀ P ₆₀	3,39	3,39	3,25	3,41	2,88	3,26
	N ₆₀ P ₆₀	4,03	4,06	3,86	3,95	3,62	3,90
Безполицева, дисковий 12-14 см	без добрив	2,36	1,58	1,37	2,07	1,84	1,84
	N ₃₀ P ₆₀	2,94	2,17	2,11	2,83	2,31	2,47
	N ₆₀ P ₆₀	3,40	2,62	2,48	3,15	2,91	2,91
Диференційована-1, дисковий 14-16 + 38-40 см (щільювання)	без добрив	2,93	2,82	2,68	2,77	2,21	2,68
	N ₃₀ P ₆₀	3,77	3,81	3,79	3,64	3,07	3,62
	N ₆₀ P ₆₀	3,98	4,49	4,47	4,01	3,66	4,12
Диференційована-2, чизельний 14-16см	без добрив	2,49	2,51	2,21	2,27	2,02	2,30
	N ₃₀ P ₆₀	3,11	3,62	3,38	3,22	2,76	3,22
	N ₆₀ P ₆₀	3,58	4,28	3,96	3,49	3,26	3,71

НІР₀₅ А = 0,04 т/га; В = 0,06 т/га

шуваних землях створюються за оранки завглибшки 25-27 см в системі різноглибинного обробітку ґрунту з обертанням скиби та за мілкого (14-16 см) дискового розпушування поєднаного зі щільюванням на 38-40 см у системі диференційованої системи основного обробітку протягом ротації сівозміни.

Перелік літератури

Булигін Д. О., Писаренко П. В., Морозов В. В., Мельник М. А. (2012). Продуктивність нових сортів сої за різних умов зволоження та густоти стояння. Зрошуване землеробство. Вип. 58. 6-10.

Вожегова Р. А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М. П. та ін. (2014). Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грінь Д.С. 286 с.

Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В. (2005). Вплив біологізованої системи удобрення на продуктивність культур зрошуваної сівозміни та окремі елементи родючості ґрунту. Таврійський науковий вісник. Херсон: Айлант. Вип. 41. 171-176.

Городній М. М., Олейніченко В. Г.,

Бикін А. В. (1998). Ведення землеробства на біологічно-екологічних принципах з альтернативними шляхами вирішення. Науковий вісник національного аграрного університету. К. 274-285.

Дегодюк Е. Г. (2001). Сучасний стан земельних ресурсів України і шляхи відновлення земле- і природокористування. Зб. доп. Всеукр. наук.-практ. конференції «Стан земельних ресурсів в Україні: проблеми, шляхи вирішення». К.: Центр екологічної освіти та інформації. 32-37.

Козирєв В. В. (2013). Агрофізичні властивості ґрунту залежно від режиму зрошення, обробітку ґрунту та строків внесення фосфогіпсу при вирощуванні сої. Зрошуване землеробство. Херсон: Айлант. Вип. 59. 83-86.

Козирєв В. В. Біднина І. О., Томницький А. В., Влашук О. С. (2015) Ефективність вирощування сої за різних умов зволоження, способів основного обробітку ґрунту та строків внесення меліоранту. Зрошуване землеробство. Херсон: Айлант. Вип. 63. 61-64.

Малярчук М. П., Мігальов А. О. (2009). Ефективність нульового і смугового спо-

собів обробітку ґрунту під сою у сівозміні на зрошенні півдня України. Зрошуване землеробство Вип. 52. 28-34.

Морозов В. В., Писаренко П. В., Мельник М. А., Булигін Д. О. (2011). Продуктивність нових сортів сої за різних умов зволоження та густоти стояння рослин. Таврійський науковий вісник. Херсон: «Айлант». Вип. 77, ч. 2. 156-160.

Наукові основи адаптації систем землеробства до змін клімату в Південному Степу України. (2018). Монографія за наук. ред чл.-кор. НААН Р. А. Вожегової. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 366-460.

Філіп'єв І. Д., Гамаюнова В. В., Димов О. М. та ін. (2001). Еколого-економічна оцінка застосування добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур. Херсон: Колос. 24.

Кудеяров В. Н. (1999). Азотно-углеродный баланс в почве. Почвоведение. № 1. 73-82.

Кузнецов И. В. (1990). Об оптимальной плотности почв. Почвоведение. №5. 43-54.

Cortina L. M., Herren U. (2003). Role of underground waters in the water policy of Spain. Water International. Vol. 28, no. 3. 313-321.

Frasier G. (2003). Runoff farming – Irrigation technology of the future. Future irrigation strategies. Visions of the Future. Proceedings of the 5-rd National Irrigation Symposium. Phoenix. 124-137.

Soybeans: Chemistry, Technology, Production, processing & utilization. (2015). Editors Lawrence A. Johnson, Pamela J. White, Richard Galloway.

References

Bulyhin D. O., Pisarenko P. V., Morozov V. V., Melnik M. A (2012). Productivity of new soybean varieties under different moisture conditions and standing density. Irrigated agriculture. Vol. 58. 6-10.

Cortina L. M., Herren U. (2003). Role of underground waters in the water policy of Spain. Water International. Vol. 28, no. 3. 313-321.

Degodyuk E. G (2001). The current state of land resources in Ukraine and ways to restore land and nature. Coll. ext. All-Ukrainian scientific-practical conference «The state of land resources in Ukraine: problems, solutions». K.: Center for Environmental Education and Information. 32-37.

Filip'ev I. D, Gamayunova V. V, Dimov OM etc. (2001). Ecological and economic assessment of the use of fertilizers in the cultivation of crops. Kherson: Colossus. 24.

Frasier G. (2003). Runoff farming – Irrigation technology of the future. Future irrigation strategies. Visions of the Future. Proceedings of the 5-rd National Irrigation Symposium. Phoenix. 124-137.

Gamayunova V. V, Sidiyakina O. V (2005). Influence of biologized fertilization system on productivity of irrigated crop rotation crops and separate elements of soil fertility. Taurian Scientific Bulletin. Kherson: Ailant. Vol. 41. 171-176.

Gorodniy M. M., Oleynichenko V. G, Bikin A.V (1998). Farming on biological and ecological principles with alternative solutions. Scientific Bulletin of the National Agrarian University. K. 274-285.

Kozyrev V. V Agrophysical properties of soil depending on irrigation regime, tillage and terms of phosphogypsum application during soybean cultivation. Irrigated agriculture. Kherson: Ailant. 2013. Vip. 59. 83-86.

Kudeyarov V. N. (1999). Nitrogen-carbon balance in the soil. Soil Science. No. 1. 73-82.

Kuznetsov I. V. (1990). On the optimal soil density. Soil science. No. 5. 43-54.

Maliarchuk M. P, Migalyov A.O (2009). Efficiency of zero and strip methods of tillage under soybean in crop rotation at irrigation of the south of Ukraine. Irrigated agriculture Vip. 52. 28-34.

Morozov V. V, Pisarenko P. V, Melnik M. A, Bulygin D. O (2011). Productivity of new soybean varieties under different moisture conditions and plant density. Taurian Scientific Bulletin. Kherson: Ailant. Vol. 77, Part 2. 156-160.

Scientific bases of adaptation of agricultural systems to climate change in the South-

ern Steppe of Ukraine. (2018). Monograph on sciences. Corresponding Member NAAS R.A. Vozhegova. Kherson: OLDI-PLUS. 366-460.

Soybeans: Chemistry, Technology, Production, processing & utilization. (2015). Ed-

itors Lawrence A. Johnson, Pamela J. White, Richard Galloway.

Vozhehova R. A, Lavrinenko Y. O, Maliarchuk M. P etc. (2014). Methods of field and laboratory research on irrigated lands. Kherson: Green DS 286.

UDC 633.34:631.51.021:631.8:631.67

EFFICIENCY OF SOIL BASIC TILLAGE AND MINERAL FERTILIZATION AT GROWING OF SOYBEAN ON IRRIGATION

Maliarchuk N., D-r Agr. Scs, e-mail: mpmaliarchuk@gmail.com

Maliarchuk A., Cand. Agr. Scs, e-mail: baktroban@ukr.net

Bulyhin D., Cand. Agr. Scs, e-mail: dobulyhin@gmail.com

Mishukova L., e-mail: mishukova1920@gmail.com

Institute of the irrigated agriculture of NAAS

Summary

*In the article the brought results over of experimental researches of influence of different methods and depth of soil basic tillage and doses of mineral fertilization on agrophysical properties and productivity of soybean. **A purpose of researches** is establishment of the most effective methods of soil basic tillage and doses of application of mineral fertilizers at growing of soybean in row croprotation on the irrigation of south of Ukraine and their influence on a height and development of plants, forming of harvest and quality of seed. During an experiment used the field, in-gravimetric, visual, laboratory, calculation-comparative, mathematically-statistical methods with the use of confessedly methods and methodical recommendations. For determination of efficiency of action of soil basic tillage and doses of fertilizers on the productivity of soybean five variants of methods of basic tillage were stopped up and three variants of fertilizer systems: organic and two organo-mineral with doses bringing of mineral fertilizers - $N_{30}P_{60}$, $N_{60}P_{60}$ on a background of post harvesting bits and pieces of cultures of crop rotation and optimal mode of irrigation.*

Results. *The changes of agrophysical properties happened under act of the systems of soil basic tillage, nourishing mode, that stipulated creation of different terms for a height and development of culture and forming of harvest. The productivity of seed of soybean at plowing on a 25-27 cm averaged for five years on a background the dose of fertilizers of $N_{60}P_{60}$ of 4,22 t/ha. At the combined tillage which united disk loosening on a 14-16 cm with slotting on a depth a 38-40 cm, 4,12 t/ha of seed of soybean is got in the system of differentiated-1 soil tillage. On the average on a factor B (system of fertilizer), the productivity of seed of soybean at organic system of fertilize made 2,38 t/ha. Bringing of dose $N_{30}P_{60}$ assisted the height of harvest on 0,84 t/ha, and $N_{60}P_{60}$ on 1,39 t/ha, or on 35,2 and 58,4% accordingly.*

Conclusion. *In the short row crop rotation on the irrigated lands of south of Ukraine the most favorable terms for a height, development and forming of harvest of soybean on dark-chestnut soils are created in the systems of plowing basic soil tillage with the turn of layer or differentiated- 1 tillage with the deep loosening under soybean or shallow on a background slotting on a depth a 38-40 cm under a previous culture.*

Keywords: soybean, method and depth of tillage, mineral fertilizers, agrophysical properties, productivity.

УДК 633.34:631.51.021:631.8:631.67

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ НА ОРОШЕНИИ

Малярчук Н., д-р с.-х. наук, e-mail: mpmaliarchuk@gmail.com

Булыгин Д., канд. с.-х. наук, e-mail: dobulyhin@gmail.com

Малярчук А., канд. с.-х. наук, e-mail: baktroban@ukr.net

Мишукова Л., e-mail: mishukova1920@gmail.com

Институт орошаемого земледелия НААН

Аннотация

В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния разных способов и глубины основной обработки и доз минеральных удобрений на агрофизические свойства почвы, питательный режим и продуктивность сои.

Цель исследований – установление наиболее эффективных способов основной обработки почвы и доз применения минеральных удобрений при выращивании сои в пропашном севообороте на орошении юга Украины и их влияние на рост и развитие растений и формирование урожая и качества семян. Во время эксперимента использовали полевой, количественно-весовой, визуальный, лабораторный, расчетно-сравнительный, математически-статистический **методы** с использованием общепризнанных методик и методических рекомендаций. Для определения эффективности действия основной обработки почвы и доз внесения минеральных удобрений на продуктивность сои было заложено пять вариантов способов основной обработки почвы и три варианта систем удобрения: органическая и две органоминеральные с дозами внесения минеральных удобрений – $N_{30}P_{60}$, $N_{60}P_{60}$ на фоне пожнивных остатков культур севооборота и оптимального режима орошения.

Результаты. Под влиянием способов, глубины и систем основной обработки и удобрений в севообороте произошли изменения агрофизических свойств, питательного режима, что обусловило создание разных условий для роста и развития культуры и формирования урожая. Урожайность семян сои при вспашке на 25-27 см составила в среднем за пять лет на органоминеральной системе удобрения с внесением под сою $N_{60}P_{60}$ – 4,22 т/га. При комбинированной обработке, которая объединила дисковое рыхление на 14-16 см с щелеванием на глубину 38-40 см, в системе дифференцированной-1 обработки почвы получено 4,12 т/га семян сои. В среднем по фактору В (система удобрения), урожайность семян сои при органической системе удобрения составила 2,38 т/га. Внесение дозы удобрения $N_{30}P_{60}$ способствовало росту урожая на 0,84 т/га, а $N_{60}P_{60}$ на 1,39 т/га, или на 35,2 и 58,4% соответственно.

Вывод. В короткоротационных пропашных севооборотах на орошаемых землях юга Украины наиболее благоприятные условия для роста, развития и формирования урожая семян сои на темно-каштановых почвах создаются в системе разноглубинной отвальной основной обработки почвы с оборотом пласта или дифференцированной с одной за ротацию комбинированной обработкой, которая объединяет мелкое дисковое рыхление со щелеванием на глубину 38-40 см под предыдущую культуру.

Ключевые слова: соя, способ и глубина обработки, минеральные удобрения, агрофизические свойства, урожайность.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКУ ОКСИДУ ЗАЛІЗА У ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ТА СОЇ

Новохацький М., канд. с.-г. наук, доцент,
e-mail: novokhatskyi@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3635-1761>

Бондаренко О.,
e-mail: akro18@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9456-6715>

Майданович Н., канд. геогр. наук,
e-mail: poljuljach@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0361-8215>
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація

Метою цієї роботи було дослідження ефективності застосування нанодисперсного порошку оксиду заліза (напо Fe+) під час вирощування ячменю ярого та сої за різних систем основного обробітку ґрунту в умовах Лісостепу України.

Методи. Ефективність застосування напо Fe+ встановлювали визначенням біологічної врожайності досліджуваних культур та її структури порівняно з контрольним варіантом досліду (без застосування нанопрепарату). Досліджувані культури – ячмінь ярий та соя. Кількість варіантів досліду – 16 (по 8 варіантів на кожну культуру). Кількість повторень – три. Дослідження проводилися за такою схемою: фактор А – система обробітку ґрунту (A_1 – традиційна, A_2 – консервувальна, A_3 – мульчувальна, A_4 – міні-тіл); фактор Б – оксид заліза напо Fe+ (B_1 – контроль (без застосування напо Fe+), B_2 – застосування напо Fe+ для обробки насіння з розрахунку 5 мг/т). Використаний нанопрепарат магнетиту чорного залізооксидного являє собою полівалентний оксид заліза ($FeO - Fe_2O_3 - Fe_3O_4$).

Результати. Отримані результати польових досліджень засвідчили тенденцію до зростання врожайності ячменю та сої від застосування препаратів оксиду заліза для обробки насіннєвого матеріалу. Приріст врожайності ячменю ярого був різним залежно від системи основного обробітку ґрунту і коливався від 5 % (консервувальна система) до 25 % (традиційна система). Найсприятливіші умови для формування врожаю ячменю ярого в межах досліду склалися у мульчувальній системі обробітку ґрунту, що разом із застосуванням напо Fe+ сформувало біологічну врожайність культури на рівні 61,2 ц/га. Ефект від безпосереднього впливу напо Fe+ у випадку мульчувальної системи становив 12 % приросту врожайності порівняно з контролем.

Застосування напо Fe+ на посівах сої сприяло підвищенню рівня виживання рослин. Біологічна врожайність насіння сої, обробленого напо Fe+, була вищою практично в усіх варіантах обробітку ґрунту. Найбільший ефект від застосування напо Fe+ було відмічено для традиційної системи обробітку (+55 % порівняно з контролем).

Висновки. Результатами польового досліду встановлено позитивний ефект від застосування напо Fe+ для обробки насіння в технології вирощування ячменю ярого та сої. Відмічено, що напо Fe+ впливав на ріст і розвиток досліджуваних культур та формування показників їхньої врожайності. Середній рівень біологічної врожайності ячменю ярого (для всіх застосованих систем основного обробітку ґрунту) без обробки напо Fe+ становив 50 ц/га, а із застосуванням нанопрепарату – 58 ц/га. Для сої середній для всіх досліджуваних систем рівень біологічної врожайності без напо Fe+ становив 17 ц/га, а із застосуванням нанопрепарату – 21,6 ц/га.

Ключові слова: ячмінь ярий, соя, оксид заліза, нанопрепарат, біологічна врожайність.

Вступ. Відкриття наночастинок і їх масштабне застосування у різних сферах стало технологічним проривом, який на цей час не має аналогів і надає можливість отримання принципово нових матеріалів з абсолютно новими, невідомими раніше властивостями. Зараз в Україні розроблено промисловий синтез високоактивних нанодисперсних полівалентних порошків оксиду заліза (напо Fe^{+}) з чітко вираженими властивостями суперпарамагнетиків (рис. 1) на основі технології електроерозійного диспергування.

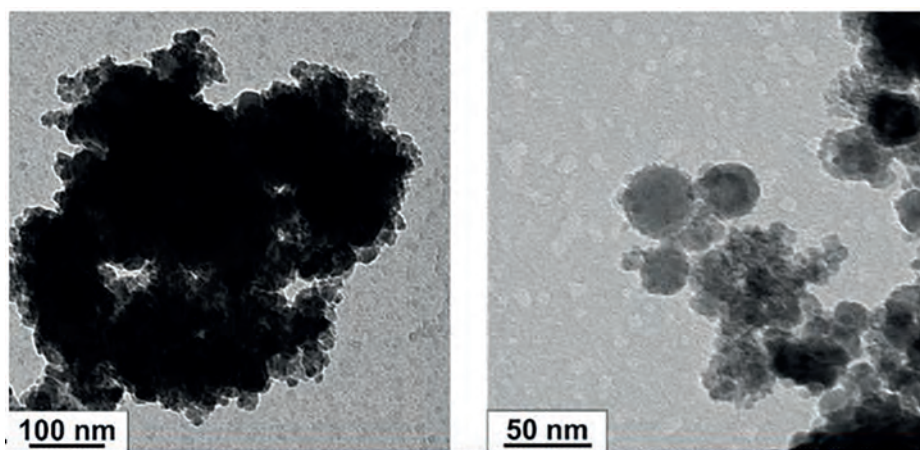


Рисунок 1 – Нанопорошок оксиду заліза (напо Fe^{+})

Огляд наукових досліджень показав, що напо Fe отримав широке застосування у різних сферах промислового виробництва, медицини та сільського господарства [Golchin et al., 2017; Prasad et al., 2017; Дерев'янка та ін., 2019]. Наявність Fe у ґрунті впливає на його рН, вміст карбонату кальцію, органічних речовин, накопичення фосфору, баланс іонів, текстуру, температуру та аерацію ґрунту, його вологість і щільність [Rawashdeh and Florin, 2015]. Крім того залізо виконує багато важливих функцій для росту та розвитку рослин, зокрема бере участь у біосинтезі хлорофілу, розвитку хлоропласту, покращує роботу фотосистем та відіграє важливу роль у метаболізмі нуклеїнових кислот [Welch, Shuman, 1995; Havlin, Heiniger, 2020]. Дослідженнями встановлено, що ґрунтове або позакореневе внесення Fe окремо або в поєднанні з іншими мікроелементами покращує ріст та розвиток сільськогосподарських культур [Armin et

al., 2014; Burke et al., 2015; Rawashdeh and Florin, 2015; Давидова та ін 2015; Elemike et al., 2019; Batsmanova et al., 2020; Каленська та Новицька, 2020].

В Україні зареєстровано понад 300 патентів на різноманітні технології та препарати на основі наночастинок. Зокрема, запатентовано нано-добрива, засоби для кореневого підживлення рослин, композиції для підвищення азотфіксації у рослинництві, засоби для захисту рослин від хвороб та комах-шкідників [Васильченко, Дерев'янка, 2019].

Польовими експериментами встановлено ефективність застосування нанопрепаратів при вирощуванні пшениці [Франтічук та ін 2012; Давидова та ін., 2014] та сої [Batsmanova et al., 2020; Каленська, Новицька, 2020] в різних варіантах поєднання Fe з іншими мікроелементами. Вплив окремого елементу напо Fe^{+} на врожайність зернових та

зернобобових культур у межах України не оцінювався, тому цей польовий експеримент є новим і актуальним з огляду на застосування новітніх нанопрепаратів.

Постановка завдань. Метою цієї роботи було дослідження ефективності застосування нанодисперсного порошку оксиду заліза у вирощуванні ячменю ярого та сої за різних систем основного обробітку ґрунту в умовах Лісостепу України.

Методи і матеріали. Дослідження проводилось у 2020 році у польовому досліді на угіддях УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, розміщених у Білоцерківському (Васильківському) районі Київської області, який належить до Київського агроґрунтового району Правобережного Лісостепу. Польовий дослід був закладений на чорноземі типовому малогумусному, який характеризувався середньою забезпеченістю азотом та підвищеною — рухомим фосфором і обмінним калієм, за рівнем кислотності — близький до нейтрального (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати хімічного аналізу ґрунтових проб на полі під час сівби ячменю ярого та сої

Шар ґрунту, см	Азот гідролізов., (за Корнфільдом, ДСТУ 4362:2004)	Фосфор рухомий (P_2O_5), ДСТУ 4115-2002	Калій рухомий, (K_2O), ДСТУ 4725:2007	Вологість ґрунту, %	Щільність ґрунту, г/см ³	Запаси продуктивної вологи, мм
0-10	12,1	25,7	13,6	13,7	1,26	8,0
10-20	12,3	25,1	13,6	13,8	1,30	7,8
20-30	12,9	25,8	11,8	15,6	1,45	11,0
30-40	10,8	21,3	8,2	15,6	1,43	11,0

Для вирощування досліджуваних культур було використано традиційні технології для зони проведення досліджень за винятком елементів, включених до схеми дослідів. Мінеральні та органічні добрива, крім досліджуваних препаратів, для вирощування досліджуваних культур не застосовувалися.

Кількість досліджуваних культур – дві (ячмінь ярий, соя). Кількість варіантів – 16 (по 8 варіантів на кожній досліджуваній культурі). Кількість повторень – три.

Дослідження проводилися за такою схемою:

1) фактор А – система обробітку ґрунту (A_1 – традиційна, A_2 – консервувальна, A_3 – мульчувальна, A_4 – міні-тіл);

2) фактор Б – оксид заліза (B_1 – контроль (без застосування препаратів оксиду заліза), B_2 – застосування оксиду заліза для обробки насіння з розрахунку 5 мг/т).

У досліді використано нанопрепарат магнетиту чорного залізооксидного, що являє собою полівалентний оксид заліза ($FeO - Fe_2O_3 - Fe_3O_4$) і має відповідний паспорт якості та реєстраційний номер відповідно до Регламенту (ЄС) № 1907/2006. Застосовуваний препарат відноситься до IV класу безпеки за ступенем впливу на організм людини і не класифікується як небезпечний відповідно директивам 67/548/ЄС та 1999/45/ЄС.

Системи обробітку ґрунту розділили на чотири групи, назви їм присвоїли науковці УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. В основу класифікації систем покладені їхні характерні особливості [Шевченко та ін., 2008; Новохацький та ін., 2017]:

- *традиційна система* передбачає

провокацію проростання насіння бур'янів і падалиці, руйнування капілярів і підрізання бур'янів, розпушування ґрунту з обертанням скиби (оранка) на глибину від 20-22 до 30-32 см і повне загортання рослинних решток на глибину від 6-8 до 12-14 см;

- *консервувальна система* включає мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками зі збереженням до 50 % їх на поверхні ґрунту на період сівби, обробіток верхнього шару з перемішуванням рослинних решток, безполицевий основний обробіток (чизельне розпушування) на глибину від 25-27 до 38-40 см і повне підрізання бур'янів;

- *мульчувальна система* базується на мульчуванні ґрунту подрібненими рослинними рештками зі збереженням не менше 30 % їх на поверхні ґрунту в період сівби, обробіток верхнього шару ґрунту дисковими знаряддями на глибину 10-12 см з перемішуванням рослинних решток і повне підрізання бур'янів;

- *система міні-тіл* полягає в мульчуванні ґрунту подрібненими рослинними рештками з максимальним збереженням їх на поверхні ґрунту на період сівби і поверхневому обробітку ґрунту на глибину загортання насіння.

Ефективність застосування $nano\ Fe+$ встановлювали визначенням біологічної врожайності досліджуваних культур та її структури порівняно з контрольним варіантом досліді (без застосування нанопрепарату). Біологічну врожайність зерна визначали за пробними снопами, відібраними на кожному із варіантів, у трикратній повторності [Грицаєнко та ін., 2003].

За аналізом пробних снопів у досліджуваних культур було визначено основні елементи структури врожайності за кожним варіантом. Статистичну обробку отриманих даних проведено методом дисперсійного аналізу [Доспехов, 1985].

Результати. Отримані результати польових досліджень засвідчили тенденцію до зростання врожайності ячменю та сої за застосування препаратів оксиду заліза для обробки насінневого матеріалу. Аналіз пробних снопів ячменю ярого показав позитивні зміни біометричних показників рослин, сформованих на дослідних варіантах, порівняно з контрольним. Висота рослин всіх варіантів була на одному рівні, довжина колоса була майже однаковою на всіх варіантах, проте біологічна врожайність була вищою на варіантах, де застосовувався препарат NaPO Fe^+ (табл. 2).

Як видно з таблиці 2, приріст врожайності ячменю був різним залежно від системи основного обробітку ґрунту і коливався від 5 % (консервувальна система) до 25 % (традиційна система). Проте найсприятливіші умови для формування врожаю ячменю ярого в межах дослідів склалися у мульчувальній системі обробітку ґрунту, що разом із застосуванням NaPO Fe^+ сформувало біологічну врожайність культури на рівні 61,2 ц/га. Ефект

від безпосереднього впливу NaPO Fe^+ у випадку мульчувальної системи становив 12 % приросту врожайності порівняно з контролем (табл. 2). Середній рівень біологічної врожайності ячменю ярого (для всіх застосованих систем основного обробітку ґрунту) без застосування NaPO Fe^+ становив 50 ц/га, а із застосуванням NaPO Fe^+ становив 58 ц/га.

Застосування оксиду заліза на посівах сої, в межах схеми дослідів, сприяло підвищенню рівня виживання рослин протягом вегетації. Обробка насіння препаратом NaPO Fe^+ сприяла збільшенню кількості бульбочок на коренях сої на всіх варіантах. Біологічна врожайність насіння сої, обробленого оксидом заліза, була вищою практично в усіх варіантах (табл. 3).

Приріст врожайності сої був різним залежно від системи основного обробітку ґрунту. Найбільший ефект від застосування NaPO Fe^+ в межах дослідів було відмічено для традиційної системи обробітку (+55 % до біологічної врожайності порівняно з контролем). Незначний негативний ефект від застосування препарату було відмічено в системі міні-тіл, проте ця система була досить сприятливою для вирощування сої на варіанті контролю, де рівень врожайності сої склав 22,5 ц/га. Середній рівень біологічної врожайності

Таблиця 2 – Біологічна врожайність ячменю ярого та її структура

Показники структури врожайності	Система обробітку ґрунту							
	традиційна		консервувальна		мульчувальна		міні-тіл	
	контроль	NaPO Fe^+	контроль	NaPO Fe^+	контроль	NaPO Fe^+	контроль	NaPO Fe^+
Густота стояння рослин млн шт./га	6,8	6,1	6,1	6,6	6,3	6,0	6,7	6,1
Висота рослин, см	50,9	50,9	49,7	50,9	49,9	55,4	48,8	49,8
Маса рослин, г	2,3	3,0	2,8	3,2	2,8	3,0	2,1	2,5
Загальна кущистість	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1
Продуктивна кущистість	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1
Довжина колоса, см	6,3	6,6	6,3	5,7	6,4	6,5	5,7	5,9
Маса зерна з колоса, г	0,6	0,7	0,7	0,7	1,6	0,8	0,6	0,9
Біологічна врожайність * зерна, ц/га	46,8	58,4	49,8	52,3	54,7	61,2	50,0	60,1

* HP_{05} для біологічної врожайності: для фактору А (система обробітку ґрунту) – 2,31; для фактору Б (застосування оксиду заліза) – 1,63; для взаємодії факторів – 3,27

Таблиця 3 – Біологічна врожайність сої та її структура

Показник	Система обробітку ґрунту							
	Традиційна		консервувальна		мульчувальна		міні-тіл	
	кон- троль	Nano Fe+	кон- троль	Nano Fe+	кон- троль	Nano Fe+	кон- троль	Nano Fe+
Густота стояння рослин, тис. шт./га	400	600	400	533,3	466,7	400	466,7	466,7
Висота рослин, см	77,6	90,4	77,6	98,4	83,0	72,6	74,6	81,4
Маса зернин на головному стеблі, г	3,4	3,6	3,9	4,0	3,3	5,4	4,1	4,3
Маса 1000 насінин на головному стеблі, г	101,6	102,1	101,6	127,1	73,3	125,7	101,9	103,3
Маса зерна на бічних гілках, г	0,8	0,17	0,3	–	–	0,22	0,74	0,30
Маса 1000 насінин на бічних гілках, %	105,0	118,5	81,5	–	–	84,6	63,5	98,7
Біологічна врожайність* зерна, ц/га	13,7	21,3	16,0	21,4	15,6	22,6	22,5	21,0

* HIR_{05} для біологічної врожайності: для фактору А (система обробітку ґрунту) – 0,52; для фактору Б (застосування оксиду заліза) – 0,37; для взаємодії факторів – 0,74

сої (для всіх застосованих систем основного обробітку ґрунту) без застосування нано Fe+ становив 17 ц/га, а із застосуванням нанопрепарату – 21,6 ц/га.

Обговорення. З огляду низки наукових робіт [Armin et al., 2014; Давидова та ін., 2014; Rawashdeh, Florin, 2015; Elemike et al., 2019; Havlin, Heiniger, 2020; Каленська, Новицька, 2020] можна зробити висновок, що внесення залізовмісних добрив (ґрунтових та позакореневих) одноразово або в суміші з іншими мікроелементами позитивно впливає на ріст культури та компоненти її врожайності, що підтверджує отримані в цьому дослідженні тенденції. Ось у роботі [Armin et al., 2014] було встановлено що позакореневе внесення нано Fe обприскуванням з концентраціями 2 %, 4 % і 6 % відповідно до 2, 4 і 6 кг Fe/га (хелати водорозчинного нано Fe) призвело до зростання рівня врожайності культури на 12 %, 22 % та 19 %, відповідно, порівняно з контролем. Польовим експериментом встановлено, що застосування комплексного мікродобрива українського виробництва «Аватар-1», яке містить цитрато-хелати восьми біогенних мікроелементів (включаючи і нано Fe+), у вирощуванні

пшениці озимої м'якої забезпечило значне підвищення врожаю зерна і поліпшення його якості [Давидова та ін., 2015]. Наші дослідження проведені для іншої зернової культури (ячмінь ярий) із застосуванням монокомпонентної обробки насінєвого матеріалу (лише нано Fe+), але ефект збільшення біологічної врожайності культури є подібним.

Щодо сої, то впродовж останнього десятиліття було опубліковано численні дані про вплив різних нанопрепаратів на цю культуру [Coman et al., 2019]. Щодо дії нанодисперсних елементів оксиду заліза Fe_2O_3 на сою встановлено, що фоліарне розпилення нано Fe_2O_3 в концентрації 0,75 г/л збільшувало суху масу листя, біб і суху масу боба сої, а найвищий урожай зерна спостерігався від використання 0,5 г/л нанооксиду заліза, що показало збільшення врожаю зерна на 48 % порівняно з контролем [Sheykhbaglou et al., 2010]. Дослідженням [Alidoust, Isoda, 2013] встановлено, що позакореневе та ґрунтове підживлення сої наночастинками Fe_2O_3 мало позитивний вплив на подовження коренів, масу пагонів, площу листя та фотосинтетичні параметри розвитку рослин. Дослідження впродовж

6 тижнів у тепличних умовах впливу позитивно та негативно заряджених наночастинок Fe_3O_4 на ріст рослин сої показало, що тип наночастинок може впливати на ріст рослин та вміст поживних речовин у сільськогосподарських культурах і що заряд цих частинок впливає на колонізацію кореневої системи азотфіксувальними бактеріями [Burke et al., 2015].

Застосовані в цій роботі варіанти обробітку ґрунту відрізнялись за способом загортання в ґрунт поживних решток попередника. А це, зі свого боку, визначало домінування відповідних груп ґрунтової мікробіоти. Системи мінімального обробітку ґрунту створюють умови, в яких аеробні мікробіологічні процеси значно прискорюються і є переважно сприятливими для росту і розвитку рослин та формування врожаю. На перших стадіях мікробіологічної деструкції поживних залишків в анаеробних процесах домінують окислювальні бактерії, а за умов низьких зимових температур і сухого літа та осені процеси деструкції гальмуються і на момент сівби в ґрунт відмічається підвищений вміст летких жирних кислот. Тому, на думку авторів, вірогідно, що використаний у дослідженнях нанопрепарат відразу після сівби може виконувати функції сорбції летких жирних кислот, що сприяє підвищенню схожості та стартового росту культур, проте така гіпотеза потребує детальнішого дослідження.

Висновки. Результатами польового дослідження встановлено позитивний ефект від обробки насіння нанодисперсним препаратом оксиду заліза в технології вирощування ячменю ярого та сої. Відмічено, що напo Fe^+ впливав на ріст і розвиток досліджуваних культур та формування показників їхньої врожайності. Середній рівень біологічної врожайності ячменю ярого (для всіх застосованих систем основного обробітку ґрунту) без оброблення напo Fe^+ становив 50 ц/га, а із застосуванням нанопрепарату – 58 ц/га. Для сої середній для всіх досліджуваних систем рівень біологічної врожайності без напo Fe^+ становив 17 ц/га, а із застосуванням

нанопрепарату – 21,6 ц/га.

Аналіз наукових досліджень показав позитивний ефект застосування напo Fe^+ у поєднанні з іншими мікроелементами. На думку авторів, для підвищення врожайності сільськогосподарських культур ефективним може бути використання комплексних препаратів до складу яких входять напo Fe^+ та іммобілізовані на ньому біопрепарати підвищення врожайності та біологічного захисту рослин.

Перелік літератури

Васильченко А. В., Дерев'янко С. В. (2019). Сфери застосування нанотехнологій у сільському господарстві України. Актуальні питання сільськогосподарської мікробіології: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Режим доступу: https://ismav.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8-2019_%D0%905.pdf

Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. (2003). Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К. «Нічлава». 316.

Давидова О. Є., Аксilenко М. Д., Лях Г. О. (2014). Ефективність застосування нових мікроелементних комплексів при вирощуванні пшениці озимої / [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/viewFile/1124/1078>

Дерев'янко С. В., Васильченко А. В., Каплуненко В. Г., Головка А. М., Співак М. Я., Харчук М. С. (2019). Перспективи розробки препаратів для сільськогосподарства на основі наночастинок. Вісник аграрної науки, №10 (799). С. 44-54. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-07>

Доспехов Б. А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, допол. и перераб. – М: Агропромиздат. 351.

Каленська С. М., Новицька Н. В.

(2020). Ефективність нанопрепаратів у технології вирощування сої. Рослинництво та кормовиробництво. Вип. 11, №3, 2020. <https://doi.org/10.31548/agr2020.03.007>

Новохацький М., Негуляєва Н., Бондаренко О., Гусар І. (2017). Експертиза систем різноглибинного основного обробітку ґрунту при вирощуванні зернових культур. Техніка і технології АПК. № 2 (89). 33-37.

Шевченко О. О., Кравчук В. І., Погорілий В. В. та ін. (2008). Науково-технічна експертиза технологічних рішень систем обробітку ґрунту. К. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 45.

Франтіїчук В. В., Коваленко М. С., Гончар Л. М. та ін. (2012). Вплив неіонного колоїдного розчину наночасток металів на ріст і розвиток озимої пшениці. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № 14. 119-123.

Alidoust D., Isoda A. (2013). Effect of $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ nanoparticles on photosynthetic characteristic of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.): foliar spray versus soil amendment. *Acta Physiol Plant* 35, 3365–3375. <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1369-8>

Armin M., Akbari S., Mashhadi S. (2014). Effect of time and concentration of nano Fe foliar application on yield and yield components of wheat. *International Journal of Biosciences*. Vol. 4, No. 9, 69-75. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.9.69-75>

Batsmanova, L., Taran, N., Konotop, Y. et al. (2020). Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*. 21(2). 311–319. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.2.2414>

Burke D. J., Pietrasiak N., Situ S. F., Abenobar E. C., Porche M., Kraj P., Lakliang Y., Samia A.C.S. (2015). Iron Oxide and Titanium Dioxide Nanoparticle Effects on Plant Performance and Root Associated Microbes. *International Journal of Molecular Sciences*.; 16(10):23630-23650. <https://doi.org/10.3390/ijms161023630>

Coman V., Oprea I., Leopold L. F., Vod-

nar D. C., Coman C. (2019). Soybean interaction with engineered nanomaterials: a literature review of recent data. *Nanomaterials*, 9, 1248. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano9091248>

Elemike E. E., Uzoh I. M., Onwudiwe D. C., Babalola O. O. (2019). The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences*, 9, 499. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9030499>

Golchin J., Golchin K., Alidadian N., Ghaderi S., Eslamkhah S., Eslamkhah M., and Akbarzadeh A. (2017). Nanozyme applications in biology and medicine: an overview. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 45(6), 1069-1076. DOI: 10.1080/21691401.2017.1313268

Hamzeh M. Rawashdeh and Sala Florin (2015). Foliar application with iron as a vital factor of wheat crop growth, yield quantity and quality : A Review. *International Journal of Agricultural Policy and Research* Vol.3 (9), pp. 368-376, <http://dx.doi.org/10.15739/IJAPR.062>

Havlin J., Heiniger R. (2020). Soil Fertility Management for Better Crop Production. *Agronomy*; 10(9):1349. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091349>

Prasad R., Bhattacharyya A. and Nguyen Q. D. (2017). Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives. *Frontiers in microbiology*, 8, 1014. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01014>

Ross M. Welch and Dr. Larry Shuman (1995). Micronutrient Nutrition of Plants, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 14:1, 49-82 <http://dx.doi.org/10.1080/07352689509701922>

Sheykhabaglou R., Sedghi M., Shishevan M. T. and Sharifi, R. S. (2010). Effects of Nano-Iron Oxide Particles on Agronomic Traits of Soybean. *Notulae Scientiae Biologicae*, 2(2), 112-113. <https://doi.org/10.15835/nsb224667>

References

Alidoust D., Isoda A. (2013). Effect of

$\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ nanoparticles on photosynthetic characteristic of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.): foliar spray versus soil amendment. *Acta Physiol Plant* 35, 3365–3375. <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1369-8>

Armin M., Akbari S., Mashhadi S. (2014). Effect of time and concentration of nano Fe foliar application on yield and yield components of wheat. *International Journal of Bio-sciences*. Vol. 4, No. 9, 69-75. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.9.69-75>

Batsmanova L., Taran N., Konotop Y. et al. (2020). Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*. 21(2). 311–319. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.2.2414>

Burke D. J., Pietrasiak N., Situ S. F., Abenobar E. C., Porche M., Kraj P., Lakliang Y., Samia A.C.S. (2015). Iron Oxide and Titanium Dioxide Nanoparticle Effects on Plant Performance and Root Associated Microbes. *International Journal of Molecular Sciences*.; 16(10):23630-23650. <https://doi.org/10.3390/ijms161023630>

Coman V., Oprea I., Leopold L. F., Vodnar D. C., Coman C. (2019). Soybean interaction with engineered nanomaterials: a literature review of recent data. *Nanomaterials*, 9, 1248. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano9091248>

Davydova O. E., Aksilenko M. D., Lyakh G. O. (2014). Efficiency of application of new microelement complexes at cultivation of winter wheat. Retrieved from: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/viewFile/1124/1078>

Derev'ianko S. V., Vasyl'chenko A. V., Kaplunenko V. G., Golovko A. M., Spivak M. Ja., Harchuk M. S. (2019). Perspectives of development of preparations for agriculture on the basis of nano-particles. *Bulletin of Agricultural Science*, №10 (799). 44-54. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-07>

Dospekhov B. A. (1985). Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Ed. 5th, supplement. and rework. M: Agropromizdat. 351.

Elemike E. E., Uzoh I. M., Onwudiwe D. C., Babalola O. O. (2019). The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences*, 9, 499. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9030499>

Frantiychuk V. V., Kovalenko M. S., Gonchar L. M. etc. (2012). Influence of non-ionic colloidal solution of metal nanoparticles on growth and development of winter wheat. *Collection of scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets NAAS*. № 14. 119-123.

Golchin J., Golchin K., Alidadian N., Ghaderi S., Eslamkhah S., Eslamkhah M., and Akbarzadeh A. (2017). Nanozyme applications in biology and medicine: an overview. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 45(6), 1069-1076. DOI: [10.1080/21691401.2017.1313268](https://doi.org/10.1080/21691401.2017.1313268)

Gritsaienko Z. M., Gritsaienko A. A., Karpenko V. P. (2003). Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils. K. «Nichlava». 316.

Hamzeh M. Rawashdeh and Sala Florin (2015). Foliar application with iron as a vital factor of wheat crop growth, yield quantity and quality : A Review. *International Journal of Agricultural Policy and Research* Vol.3 (9), pp. 368-376, <http://dx.doi.org/10.15739/IJAPR.062>

Havlin J, Heiniger R. (2020). Soil Fertility Management for Better Crop Production. *Agronomy*; 10(9):1349. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091349>

Kalenska S. M., Novytska N. V. (2020). Efficiency of nano preparations in soybean growing technology. *Plant and Soil Science*. Vol. 11, №3, 2020. <https://doi.org/10.31548/agr2020.03.007>

Novokhatsky M., Neguliayeva N., Bondarenko O. and Gusar I. (2017). Expertise of different depth tillage systems in the cultivation of cereals. *Machinery and technologies of agro-industrial complex*. № 2 (89). 33-37.

Prasad R., Bhattacharyya A. and Nguyen Q. D. (2017). Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives. *Frontiers in microbiology*, 8, 1014. <https://doi.org/10.3389/>