

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЕКОНОМІЇ АЗОТНИХ ДОБРИВ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ СОЇ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

Вожегова Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України

<https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Боровик В.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-0705-2105>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Рубцов Д.К. – науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-9776-0844>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Біднина І.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0001-8351-2519>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Клубук В.В. – науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-6507-4006>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. В сучасних умовах господарювання залишається відкритим питання ресурсозбереження, а саме – пошуки шляхів зменшення витратнішої складової технології на придбання та внесення мінеральних добрив під посіви сої [1; 2]. Висока вартість виробництва азотних добрив призвела до зацікавленості сільськогосподарських виробників біологічним азотом [3]. У цьому сенсі значення зернобобових культур у сучасному землеробстві важко переоцінити. Як азотфіксувальні культури вони збагачують ґрунт симбіотичним, практично безкоштовним азотом, що дає можливість істотно скоротити витрати мінеральних добрив [4]. Акумуляований у процесі симбіозу бобових рослин із бульбочковими бактеріями біологічний азот є одним із шляхів поповнення його запасів [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Симбіотична азотфіксація – це економічно привабливий та екологічно безпечний засіб скорочення використання мінеральних азотних добрив у сільськогосподарському виробництві [6]. Завдяки циклічному поєднанню у рослинах сої двох найважливіших фізіологічних процесів фотосинтезу і біологічної фіксації азоту – значною мірою забезпечується потреба в азоті, покращуються азотний баланс ґрунту, забезпечується синтез чистої продукції і поліпшується екологія [7]. При цьому соя задовольняє свою потребу в азоті на 25 – 75% від загальних витрат залежно від умов вирощування [8]. Рослини сої як азотфіксатори, збагачують ґрунти азотом, покращують його структуру. Підвищення врожайності зернових, вирощених після сої, становить 3 – 4 ц/га. Адже відомо, що найважливіша особливість екологічного землеробства полягає в активізації природних азотфіксуючих систем, завдяки яким забезпечується живлення вирощуваних культур переважно за рахунок біологічного азоту [9].

Одним із важливих зовнішніх факторів, які впливають на утворення й розвиток кореневих бульбочок сої та їхню азотфіксувальну активність, є мінеральний азот. Одні вчені стверджують, що високий вміст його в ґрунті

призводить до затримки появи бульбочок і знижує інтенсивність азотфіксації, тому рослини сої «переходять» на мінералізований азот, водночас інші науковці доводять, що невеликі дози азоту її стимулюють [10; 11]. Використання азотних добрив забезпечує збільшення маси, висоти рослин, площі листової поверхні та врожайності, однак може негативно впливати на активність симбіотичної азотфіксації [12–14].

Трапляються різні рекомендації щодо доз і строків внесення азотного удобрення, не до кінця вивчено азотфіксувальну здатність бульбочкових бактерій і їхню взаємодію з мінеральними добривами. Сільськогосподарська практика вимагає дати однозначну відповідь на запитання: чи варто застосовувати на бобових культурах мінеральний азот, який пригнічує їхню симбіотичну азотфіксацію, чи економічно вигідніше обмежити підживлення азотом таких рослин?

Вивчення цього питання є також важливим через необхідність часткової заміни мінерального азоту біологічним [15].

Мета досліджень. Метою наших досліджень було визначити особливість формування бульбочок на коренях сої в шарі ґрунту 0–20 см та вплив їх на врожайність насіння залежно від густоти стояння рослин на фоні різних доз азотних добрив.

Матеріали та методика досліджень. Об'єкт дослідження – накопичення рослинами біологічного азоту в ґрунті, формування врожаю кондиційного насіння. Предмет вивчення – особливості азотфіксації рослин сої середньостиглого сорту за оптимізації елементів технології вирощування в умовах зрошення Південного Степу України. Методи досліджень: польовий, лабораторний, статистичний.

Досліди проводились впродовж 2016–2018 рр. в зоні Південного Степу України згідно методики польових досліджень [8]. Дослід двофакторний: фактор А – норми висіву (300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 (тис.), 1 млн. шт./га); фактор В – дози азотних добрив (без удобрення, N₃₀, N₆₀).

Норму висіву визначали з урахуванням маси 1000 насінин і їх посівної придатності. Вагова норма висіву насіння середньостиглого сорту сої Святогор за 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 тис. /га, 1 млн. шт./га становила, відповідно 51, 68, 85, 102, 119, 136, 153, 170 кг/га. В якості добрива використовували аміачну селітру – 34,6 % л. р. (ГОСТ 2-85Е). У ваговому відношенні доза добрива N₃₀ складала 0,87 ц/га, N₆₀ – 1,7 ц/га.

Повторення чотириразове з розміщенням варіантів методом рендомізованих розщеплених ділянок.

Площа посівних ділянок – 22 м², облікова – 18,5 м². Агротехніка вирощування середньостиглого сорту сої Святогор у досліді – загальноприйнята для зони Степу України. Попередником під дану культуру слугувала пшениця озима. Аміачну селітру вносили під передпосівну культивуацію, згідно схеми досліду вручну врозкид (табл. 1).

Сівбу проводили сівалкою СКС-6-10 широкорядним способом, з міжряддями 45 см 2 травня у 2016 році, 6-го – у 2017 р., 26 квітня – у 2018 р.

Таблиця 1 – Схема досліду

Рівні мінерального живлення (фактор А)	Густота стояння рослин (фактор В)							
	300	400	500	600	700	800	900	1000
Без добрив	1	2	3	4	5	6	7	8
N ₃₀	9	10	11	12	13	14	15	16
N ₆₀	17	18	19	20	21	22	23	24

Насіння сої в день сівби обробляли препаратом азотфіксувальних бактерій на основі штаму *Bradyrhizobium japonicum* 634 b; захист його від шкідників проведено шляхом протруювання препаратом Максим XL (1 л/т). На посівах сої вологість шару ґрунту 0–50 см підтримувалась поливами не нижче ніж 70 % НВ. За період вегетації у 2016 році було проведено 7, у 2017 році – 9, у 2018 – 8 поливів дощувальною машиною ДДА-100 МА нормами 400–500 м³/га.

Боротьбу з бур'янами проводили шляхом внесення ґрунтового гербіциду Харнес (2 л/га) зразу після сівби з послідовним коткуванням, у червні – обробкою посівів страховим гербіцидом Пікадор (1 л/га). Урожай збирали подільночно селекційним комбайном «Сампо–130» при повному дозріванні насіння (вологість – 14–16 %).

Досліди проводились на темно-каштанових середньосуглинкових слабо солонцюватих ґрунтах. Для всебічної характеристики погодних умов використовували дані Херсонської агрометеорологічної станції, розташованої поблизу дослідного поля. Роки досліджень за градацією сумарного випаровування відносились до сухих, з сильною ґрунтовою і повітряною посухою. ГТК знаходився в межах 0,5–0,7, тому вирощування сої в зоні Південного Степу України можливо було тільки за проведення 8–9 поливів за вегетаційний період. Метеорологічні умови

в роки проведення досліджень достатньою мірою відобразили характеристику Південного Степу України, що дало можливість одержати достовірні експериментальні дані, сформувані висновки й дати рекомендації виробництву для цих умов.

Матеріалом для проведення досліджень використане базове насіння (еліта) середньостиглого сорту сої Святогор, агротехніка вирощування якого була загальноприйнятою для зони Степу України, окрім досліджуваних факторів. Кількість і масу бульбочок сої визначали під час цвітіння – формування бобів – у період максимальної активності симбіотичної азотфіксації.

Збільшення густоти посіву з 300 тис. шт. до 1 млн схожих насінин на 1 га супроводжувалося зменшенням кількості бульбочок на 1 рослину щодо неудобрених ділянок на фоні N₃₀ – на 13, а на фоні N₆₀ – на 14 шт. Щодо їхньої маси спостерігалась аналогічна залежність. Так, у варіантах, де не вносили добриво, за густоти стояння рослин 300 тис./га маса бульбочок становила 0,33 г, за 600 тис. шт./га – 0,29 г, за 900 – 0,25 г. Тобто, зі збільшенням густоти посіву спостерігалась тенденція до зменшення маси бульбочок на одну рослину. На фоні добрив (N₃₀ та N₆₀) маса бульбочок також зменшувалась, залежно від збільшення норми висіву, на 0,05–0,07 одиниць, відповідно (табл. 2).

Таблиця 2 – Вплив різних доз азотного добрива та густоти стояння рослин середньостиглого сорту сої Святогор на його азотфіксувальну здатність (середнє за 2016–2018 рр.)

Рівні мінерального живлення (фактор А)	Густота стояння рослин, тис. шт./га (фактор В)	Кількість бульбочок, шт./рослину	Суха маса бульбочок, г/рослину	Маса бульбочок, кг/га
Без добрив	300	47	0,33	99
	600	49	0,29	174
	900	39	0,25	225
N ₃₀	300	53	0,34	102
	600	58	0,36	216
	900	35	0,29	261
N ₆₀	300	55	0,35	105
	600	56	0,37	222
	900	41	0,28	252
НІР ₀₅		2	0,01	7

Отже, підвищення дози азотного добрива з N_{30} до N_{60} істотно не впливало на симбіотичний процес. Дещо підвищені показники кількості і маси бульбочок на рослині, сформованих на фоні N_{60} , математично не доведено. У свою чергу, зі збільшенням густоти посіву відбувалось підвищення цих показників на одиницю площі. На ділянці без добрив за щільності стояння рослин 300 шт./га сформувалась маса бульбочок 99 кг/га, а за 900 тис. шт./га – 225 кг/га. Подібна залежність існувала за внесення N_{30} та N_{60} . Маса бульбочок на цих фонах азотного живлення складала 102, 261; 105, 252 кг/га, відповідно. Отже, за загущеного посіву сої формувалась менша кількість бульбочок на рослині з меншою їх масою. Але за рахунок збільшення густоти стояння рослин, підвищувалось утворення бульбочок на 1 га посіву і їх маси (225 г, 261 г, 252 г) на різних фонах живлення, відповідно. Майже однакова маса бульбочок – 0,36 та 0,37 г/рослину, яка становила 216 та 222 кг/га сформувалась у варіантах із внесенням N_{30} та N_{60} за густоти стояння рослин 600 тис. шт./га. Внесення невеликої кількості N_{30} у стартовому добриві забезпечує ним рослини до початку утворення бульбочок, тому що фіксація азоту бульбочковими бактеріями розпочинається лише через 3–4 тижні після посіву сої [16]. Цей агроприйом дає змогу зменшити витрати на внесення мінеральних азотних добрив, поліпшити екологію навколишнього природного середовища. Також нашими дослідженнями встановлено, що підвищення вмісту розчинних азотовмісних сполук у польових умовах із внесенням N_{60} не перешкоджає їхньому симбіозу з бульбочковими бактеріями. Зниження частки атмосферного азоту, засвоюваного рослинами при підвищеній забезпеченості мінеральним азотом, має тільки відносний характер. Абсолютна кількість азоту, засвоєного бактеріями

з атмосфери, збільшується, в порівнянні з рослинами, які вирощуються за використання бульбочкових бактерій, але без внесення в ґрунт азоту. Це пояснюється тим, що азотні добрива не можуть замінити інокулянти, тому що їх дія на рослину різна. Мінеральний азот засвоюється, в основному, в першій половині вегетації. У період цвітіння і наливу насіння, коли соя потребує великої кількості цього елемента, інокульовані рослини мають суттєву перевагу перед підготованими мінеральним азотом [17; 18].

Перевагою фіксованого азоту, який утворюється в результаті симбіозу рослин і ризобактерій, є рівномірне його постачання рослинам сої протягом усього періоду вегетації і, особливо, під час цвітіння і наливу бобів [19].

Показники кращої активності симбіотичного процесу отримано за густоти стояння рослин 600 тис. шт./га. При цьому сформована максимальна врожайність насіння сої. Це можна пояснити тим, що за густоти стояння 600 тис. шт./га рослини рівномірно розміщуються на ділянці і кожна має оптимальну площу живлення, порівняно із загущеними, або з варіантами із зрідженими посівами. При цьому створюються більш сприятливі умови для фотосинтезу, з яким тісно пов'язаний азотфіксувальний симбіотичний процес та формування бульбочкових бактерій.

Кореляційно-регресійний аналіз азотфіксувальної здатності рослин залежно від густоти посіву дав можливість отримати рівняння: $y = -1E-04x^2 + 0,0876x + 35,888$ $R^2 = 0,87$, яке підтверджує тісну залежність між цими показниками та свідчить про те, що регулюванням густоти стояння можна суттєво впливати на формування азотфіксувальної здатності рослин (рис. 1).

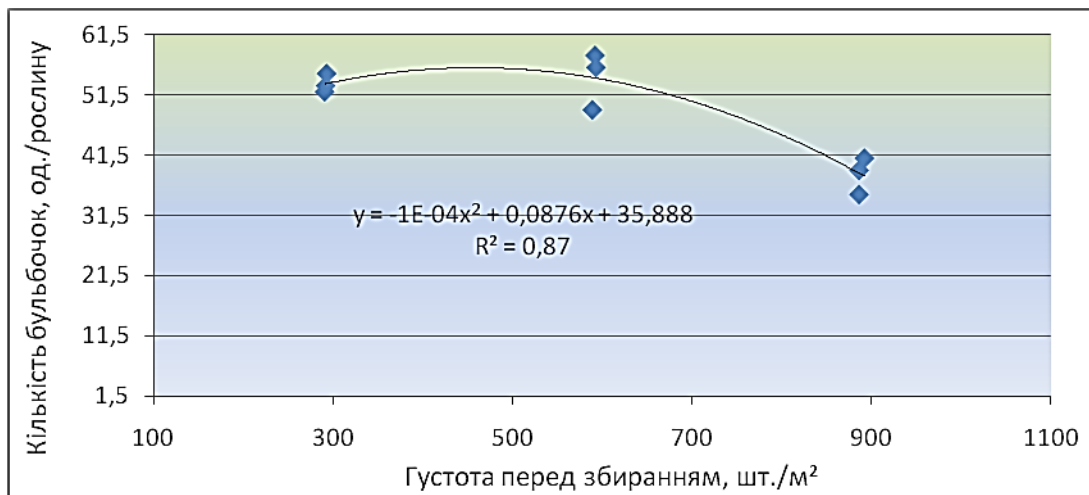


Рис. 1. Кореляційно-регресійна модель стану азотфіксувальної здатності рослин залежно від густоти посіву сої (середнє за 2016–2018 р.)

Необхідно зауважити, що для симбіозу, який забезпечує добрий розвиток рослин, необхідний певний комплекс умов середовища. За несприятливої умови навколишнього середовища, навіть незважаючи на високу вірулентність, конкурентну здатність і актив-

ність мікросимбіонта, ефективність симбіозу буде низькою.

Важливу роль у взаємовідносинах бульбочкових бактерій і бобових рослин відіграє температурний фактор. Зона південного Степу розташована в континентальній

області кліматичного поясу помірних широт, і характеризується помірно-континентальним кліматом зі спекотним посушливим літом [21].

Результати наших досліджень показали, що здатність засвоювати азот рослинами сої обернено пропорційна високим річним температурам повітря. Максимальна азотфіксація спостерігалася за 20–25°C. Температура вище 30°C негативно впливала на процес накопичення

азоту. Ефективніше азотфіксація відбувалась у 2016 році, який характеризувався найбільш сприятливими умовами для вирощування сої, у який температура й опади наближалися до середньобогаторічних значень. Цього року сформувалася максимальна суха маса бульбочок на рослину – 0,48 г. 2017 та 2018 роки були менш сприятливі для посівів сої: надзвичайна літня спека й тривала посуха негативно вплинули на процеси азотфіксації (рис. 2).

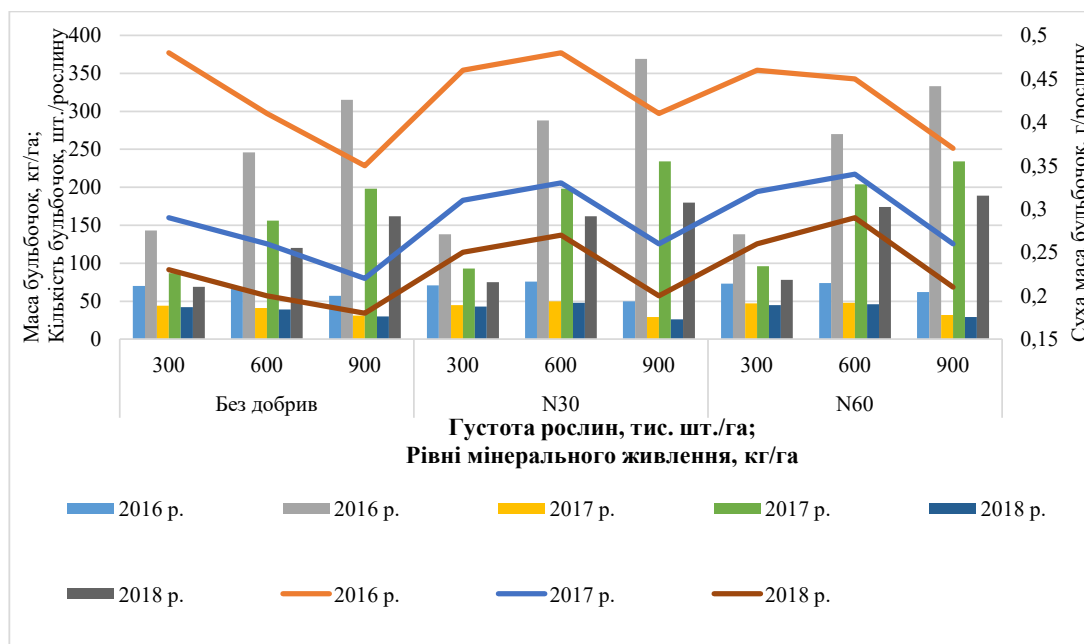


Рисунок 2. Вплив різних доз азотного живлення та густоти стояння рослин середньостиглого сорту сої Святогор на азотфіксувальну його здатність

Особливо були жорстокі погодні умови в серпні. Сума опадів, що випали в цей період, була значно нижче за середньобогаторічні показники: 1,8 мм у 2017 р. та 0 мм у 2018 р. (середньобогаторічні 38,0 мм). А середньодобова температура повітря перевищувала багаторічну на 4,1–4,2°C. У 2017 році максимальна суха маса бульбочок складала 0,33–0,34, а у 2018 році – 0,27–0,29 г/рослину.

Висновки. З підвищенням густоти посіву сої формується менша кількість бульбочок на рослині з меншою їх масою. Але за рахунок більшої густоти стояння рослин підвищувалось формування кількості бульбочок на гектарі та їх маси – 225 г, 261 г – на фоні N₃₀ та N₆₀, відповідно.

Максимальна маса бульбочок, 0,36 та 0,37 г/рослину, яка дорівнює 216–222 кг/га утворюється на варіантах з внесенням N₃₀ та N₆₀ за густоти стояння рослин 600 тис. шт./га. Регулюванням густоти стояння середньостиглого сорту сої Святогор можна суттєво впливати на формування азотфіксувальної здатності рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Синаговская В.Г. Биологический азот в формировании урожая семян сои. *Аграрна наука*. 2002. № 12. С. 18.

2. Нагорний В.І., Романько Ю.А. Агротехнічне значення та роль сої в екологізації сільськогосподарського виробництва. *Вісник Сумського НАУ*. 2009. Вип. 11 (18). С. 79–83.

3. Duke S., Collins M. Role of potassium in legume dinitrogen fixation. *Potassium in Agriculture*. Madison : American Society of Agronomy, 1985. P. 443–465.

4. Звездичев В.В., Шерстнев С.С. Без зернобобовых не обойтись, и без сои в частности. *Зерновое хозяйство*. 2002. № 3. С. 14–15.

5. Біологічний азот : монографія / за ред. В.П. Патики. Київ : Світ, 2003. 424 с.

6. Bohlool B., Ladha J., Garrity D., George T. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture: A perspective. *Plant and Soil*. 1992. Vol. 141. Iss. 1–2. P. 1–11.

7. Furseth B., Conle Sh., Ane J. Soybean Response to Soil Rhizobia and Seed-applied Rhizobia Inoculants in Wisconsin. *Crop Science*. 2012. Vol. 52. No. 1. P. 339–344.

8. Адамень Ф.Ф. Эффективность инокуляции сои. Симферополь : Таврида, 1995. 42 с.

9. Gan Y., Stulen I., H. van Keulen, Kuiper P. Low concentrations of nitrate and ammonium stimulate nodulation and N₂ fixation while inhibiting specific nodulation (nodule DWg-1 root dry weight) and specific N₂ fixation (N₂ fixed g1 root dry weight) in soybean. *Plant and Soil*. 2004. Vol. 258. Iss. 1. P. 281–292.

10. Бабаяров МХ. Влияние азотных удобрений и ризоторфина на урожайность сои. *Технические культуры*. 1991. № 5. С. 37–40.

11. Турин Е.Н., Сулима Н.А. Применение удобрений при выращивании сои. *Агроном*. 2008. № 2. С. 120–121.

12. Андрієць Д.В. Урожайність сої залежно від удобрення на чорноземах типових Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2013. Вип. 183 (2). С. 87–94.

13. Freeborn J., Holshouser D., Alley M., Powel N. & Orcutt D. Soybean Yield Response to Reproductive Stage Soil-Applied Nitrogen and Folial-Applied Boron. *Agronomy Journal*. 2001. Vol. 93. No. 6. P. 1200–1209.

14. Нагорний В.І., Романько Ю.А. Агротехнічне значення та роль сої в екологізації сільськогосподарського виробництва. *Вісник Сумського НАУ*. 2009. Вип. 11 (18). С. 79–83.

15. Шевніков М.Я. Вплив факторів інтенсифікації на продуктивність сої у лівобережному Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 77. С. 128–133.

16. Боровик В.А., Клубук В.В., Марченко Т.Ю. Регулирование процессов азотфиксации сои в условиях орошения. *Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сборник трудов по материалам Междунар. научн. конф. Тверь-Рязань*, 2014. Вып. 6. С. 186–190.

17. Гордійчук Н. Інокюлянти для сої: екологічно безпечна та економічно вигідна технологія підвищення врожайності. *Агроном*. 2011. № 1. С. 150.

18. Андрієнко А.Л., Мащенко Ю.В. Вплив різного насичення сівозмін соєю на її продуктивність. *Агроном*. № 1. 2011. С. 140.

19. Боровик В.А. Азотфиксирующая способность растений сои в симбиозе с клубеньковыми бактериями в зависимости от условий внешней среды. *Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем : материалы международной научно-практической конференции*. Москва, 2013. Ч. 1. С. 78–85.

REFERENCES:

1. Sinagovskaya, V.G. (2002). Biologicheskij azot v formirovanii urozhaya semyan soi [Biological nitrogen in the formation of a crop of soybean seeds]. *Agrarna nauka – Agricultural science*, 12, 18 [in Russian].

2. Nahorny, V.I., & Romanko, Yu.A. (2009). Ahrotekhnichne znachennia ta rol soi v ekolohizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva [Agrotechnical significance is the role of the community in the ecology and social protection of virobnost]. *Visnyk Sumskoho NAU – News of Sumy NAU*, 11 (18), 79-83 [in Ukrainian].

3. Duke, S., & Collins, M. (1985). Role of potassium in legume dinitrogen fixation. *Potassium in Agriculture*. Madison: American Society of Agronomy, 443-465 [in English].

4. Zvezdichev, V.V., & Sherstnev S.S. (2002). Bez zernobobovykh ne obyit's', i bez soi v chastnosti [You can't do without legumes, and in particular without soy]. *Zernovoe khozyaystvo – Grain farming*, 3, 14-15 [in Russian].

5. Patyky, V.P. (2003). *Biologichnyi azot* [Biological nitrogen]. Kyiv: Svit [in Ukrainian].

6. Bohlool, B., Ladha, J., Garrity, D., & George, T. (1992). Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture: A perspective. *Plant and Soil*, 141, 1–11 [in English].

7. Furseth, B., Conle, Sh., & Ane, J. (2012). Soybean Response to Soil Rhizobia and Seed-applied Rhizobia Inoculants in Wisconsin. *Crop Science*, 52, 1, 339–344 [in English].

8. Adamen', F.F. (1995). *Effektivnost' inokulyatsii soi* [The effectiveness of inoculation of soy]. Simferopol' : Tavrida [in Russian].

9. Gan, Y., Stulen, I., H. van Keulen, & Kuiper, P. Low (2004). Concentrations of nitrate and ammonium stimulate nodulation and N₂ fixation while inhibiting specific nodulation (nodule DWg-1 root dry weight) and specific N₂ fixation (N₂ fixed g1 root dry weight) in soybean. *Plant and Soil*, 258, 281–292 [in English].

10. Babayarov, M.Kh. (1991). Vliyanie azotnykh udobreniy i rizotorfina na urozhaynost' soi [The effect of nitrogen fertilizers and rhizotorfin on soybean productivity]. *Tekhnicheskie kul'tury – Industrial crops*, 5, 37-40 [in Russian].

11. Turin, E.N., & Sulima, N.A. (2008). Primenenie udobreniy pri vyrashchivanii soi [The use of fertilizers in soybean cultivation]. *Agronom – Agronomist*, 2, 120-121 [in Russian].

12. Andriets, D.V. (2013). Urozhainist soi zalezno vid udobrennia na chornozemakh typovykh Lisostepu Ukrainy [Productivity of fallow fertilizer on black soil typical of Lisostepu Ukraine]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy – Science newsletter of the National University of Natural Resources and Nature Protection of Ukraine*, 183(2), 87-94 [in Ukrainian].

13. Freeborn, J., Holshouser, D., Alley, M., Powel N., & Orcutt, D. (2001). Soybean Yield Response to Reproductive Stage Soil-Applied Nitrogen and Folial-Applied Boron. *Agronomy Journal*, 93, 6, 1200–1209 [in English].

14. Nahorny, V.I., & Romanko, Yu.A. (2009). Ahrotekhnichne znachennia ta rol soi v ekolohizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva [Agrotechnical significance and role of soy in the greening of agricultural production]. *Visnyk Sumskoho NAU – Bulletin of Sumy NAU*, 11 (18), 79-83 [in Ukrainian].

15. Shevnikov, M.Ia. (2013). Vplyv faktoriv intensyfikatsii na produktyvnist soi u livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [The effect of nitrogen fertilizers and rhizotorfin on soybean productivity]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Industrial crops*, 77, 128-133 [in Russian].

16. Borovik, V.A., Klubuk, V.V., & Marchenko T.Yu. (2014). Regulirovanie protsessov azotfiksatsii soi v usloviyakh orosheniya [The regulation of the processes of nitrogen fixation of soybean in irrigation conditions]. *Ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty sovremennykh meliorativnykh tekhnologiy – The ecological state of the environment and scientific and practical aspects of modern land reclamation technologies*, 6, 186-190 [in Russian].

17. Hordiichuk, N. (2011). Inokulyanty dlia soi: ekolohichno bezpechna ta ekonomichno vyhidna tekhn-

nolohiia pidvyshchennia vrozhnainosti [Soybean inoculants: environmentally safe and cost-effective technology to increase yields]. *Ahronom – Agronomist*, 1, 02, 150 [in Ukrainian].

18. Andriienko, A.L., & Mashchenko Yu.V. (2011). Vplyv riznogo nasychennia sivozmin soieiu na yii produktyvnist [Influence of different saturation of soybean crop rotations on its productivity]. *Ahronom – Agronomist*, 1, 140 [in Ukrainian].

19. Borovik, V.A. (2013). Azotfiksirovuyushchaya sposobnost' rasteniy soi v simbioze s kluben'kovymi bakteriyami v zavisimosti ot usloviy vneshney sredy [Nitrogen-fixing ability of soybean plants in symbiosis with nodule bacteria, depending on environmental conditions]. *Problemy kompleksnogo obustroystva tekhnoprirodnnykh sistem – Problems of the integrated arrangement of techno-natural systems*, 1, 78-85 [in Russian].

Вожегова Р.А., Боровик В.О., Рубцов Д.К., Біднина І.О., Клубук В.В. Сучасні аспекти вирішення проблеми економії азотних добрив під час вирощування сої в умовах зрошення

Мета досліджень – визначити особливості формування бульбочок на коренях сої в шарі ґрунту 0–20 см та вплив їх на врожайність насіння залежно від густоти стояння рослин на фоні різних доз азотних добрив.

Методи досліджень: польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** Встановлено, що за загущеного посіву сої формувалась менша кількість бульбочок на рослинах із меншою їхньою масою. Але завдяки збільшенню густоти стояння рослин підвищувалось утворення бульбочок на 1 га посіву і їх маси на різних фонах живлення. Також дослідженнями встановлено, що підвищення вмісту розчинних азотовмісних сполук у польових умовах із внесенням N_{60} не перешкоджає їхньому симбіозу з бульбочковими бактеріями. Показники кращої активності симбіотичного процесу отримано за густоти стояння рослин 600 тис. шт./га, при цьому сформована максимальна врожайність насіння сої. Визначено, що здатність засвоювати азот рослинами сої обернено пропорційна високим річним температурам повітря.

Висновки. З підвищенням густоти посіву сої формується менша кількість бульбочок на рослині з меншою їхньою масою. Але завдяки більшій густоті стояння рослин підвищувалось формування кількості бульбочок на гектарі та їхньої маси – 225 г, 261 г – на фоні

N_{30} та N_{60} , відповідно. Максимальна маса бульбочок, 0,36 та 0,37 г/рослину, яка дорівнює 216–222 кг/га утворюється на варіантах із внесенням N_{30} та N_{60} за густоти стояння рослин 600 тис. шт./га. Регулюванням густоти стояння рослин сої можна суттєво впливати на формування азотфіксувальної здатності рослин.

Ключові слова: соя, густота стояння рослин, дози азотного добрива, азотфіксація, бульбочкові бактерії.

Vozhegova R.A., Borovik V.O., Rubtsov D.K., Bidnyina I.O., Klubuk V.V. Modern aspects of solving the problem of saving nitrogen fertilizers when growing soybeans under irrigation

Purpose: The aim of our research was to determine the peculiarity of the formation of bubbles on soybean roots in a layer of 0–20 cm and their effect on seed yield depending on the density of plant standing against the background of the use of various doses of nitrogen fertilizers.

Research methods: field, laboratory, statistical. **Results.** It was found that when soybean crops were thickened, fewer bubbles were formed on plants with a lower mass. But due to the increase in the density of standing plants, the formation of bubbles per 1 ha of seeding and their mass increased at different food backgrounds. Also, studies have found that increasing the content of soluble nitrogen-containing compounds in the field with the introduction of N_{60} does not prevent their symbiosis with nodule bacteria. Indicators of the best activity of the symbiotic process were obtained at a plant stand density of 600 thousand units/ha, while the maximum yield of soybean seeds was formed. It was determined that the ability of soybean plants to absorb nitrogen is inversely proportional to high summer air temperatures. **Findings.** As the density of soybean crops increases, fewer bubbles are formed on plants with a lower mass. But due to the higher density of plant standing, the formation of the number of bubbles per hectare and their mass increased – 225 g, 261 g-against the background of N_{30} and N_{60} , respectively. The maximum mass of bubbles, 0,36 and 0,37 g/plant, equal to 216–222 kg/ha is formed in variants with the introduction of N_{30} and N_{60} at a plant density of 600 thousand units/ha. By regulating the density of standing soybean plants, it is possible to significantly influence the formation of nitrogen-fixing capacity of plants.

Key words: soybean, plant density, doses of nitrogen fertilizer, nitrogen fixation, nodule bacteria.