

SIMULATION OF THE AEROSEPARATION PROCESS AND PARAMETERS OF HYBRIDE CORN SEED MIXTURES

Kyrpa M.Ya., Skotar S.A., Kovaliov D.V.
State Institution «Institute of Grain Crops of NAAS, Ukraine

Upon harvesting and post-harvest processing corn grain is a mixture that consists of individual seeds of various quality, size and weight. Therefore, grain is separated, that is, mixture is separated into homogeneous (to a certain extent) fractions. The number of fractions may vary depending on the mixture uniformity and separation methods.

Objectives. To investigate patterns of aerodynamic separation in the mode of sorting corn seeds, depending on their quality. In addition, it was planned to choose an effective for this purpose device that would reproduce the process parameters.

Materials and methods. The methodology included laboratory simulation of aerodynamic grain separation based on the sailing capacity of caryopses. Separation was carried out in vertical and horizontal air flows. Seed mixture was separated into fractions: essentially heavy, medium and light. Their output and 1000-grain weight were measured as the main technical and technological indicators of the grain separation process. The laboratory and field germinability of seeds of different fractions were also determined in accordance with the state standards for assessing the seed quality. The yield was assessed by methods developed by the SI «Institute of Grain Crops of NAAS».

Results and discussion. Aerodynamic seed separation into fractions depended on the caryopsis shape and linear dimensions. For example, the largest light fraction was recorded for hybrid DN Demetra upon horizontal aeroseparation. Seeds of this hybrid are flat, i.e., being in a certain position, they can move further in the air flow. On the contrary, round-shaped seeds (hybrid DN Svityaz) were separated almost equally between the light and heavy fractions, with the maximum share in the medium fraction. Thus, the features of aerodynamic separation were reflected in the sowing qualities and yield properties of grain.

Conclusions. The patterns of aerodynamic separation of hybrid corn seeds have been established. Grain mixture is separated into two fractions upon vertical aerodynamic separation and into three fractions upon horizontal separation. The process is not stable, with a significant content of heterogeneous grain in each fraction.

Key words: *corn, grain mixture, aeroseparation, characteristics of fractions, germinability, yield*

УДК 633. 34. 631. 847. 211

DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207170

КІЛЬКІСТЬ І МАСА БУЛЬБОЧОК НА КОРЕНЯХ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИСІВУ І ШИРИНИ МІЖРЯДЬ

Міхєєва О.О., Рожков А.О., Міхєєв В.Г.
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, Україна

Висвітлено результати чотирирічних досліджень з вивчення впливу норми висіву насіння та способу сівби на кількість і сирю масу бульбочок на коренях рослин сої сортів різних груп стиглості. Ці показники були вищими були в сорту Байка. Кількість бульбочок на коренях десяти рослин цього сорту в середньому за досліджуваними факторами була на 9,1 шт. більшою, ніж у сорту Аннушка, а їх сира маса – на 1,02 г. Установлено закономірність збільшення кількості і маси бульбочок на коренях рослин сої обох сортів за умови

підвищення норми висіву насіння і звуження міжрядь. Таким чином, застосовуючи різні комбінації норми висіву насіння та ширини міжрядь, можна регулювати показники симбіотичної продуктивності рослин сої досліджуваних сортів і відповідно створювати кращі умови для їх розвитку та формування вищої врожайності.

Ключові слова: соя, норма висіву, сорт, спосіб сівби, бульбочка

Вступ. Виробництво сої в Україні постійно зростає. За період з 1990 по 2019 рр. валові збори насіння цієї культури зросли з 12,8 до 3688,3 тис. т. [1], що зумовлено створенням нових сортів, удосконаленням технологій вирощування та підвищенням її попиту на ринку. Україна вперше вийшла на світовий рівень нарощування білково-олійних ресурсів за рахунок сої [2, 3, 4].

Широке поширення сої в Україні та світі пов'язане з рядом переваг цієї культури, серед яких – здатність акумулювати азот повітря завдяки симбіотичній діяльності бульбочкових бактерій на коренях рослин. Після збирання соя залишає після себе в ґрунті до 280 кг/га біологічного азоту, що дає змогу покращити його загальний баланс у ґрунті для інших культур сівозміни [5, 6, 7, 8, 9].

Аналіз літературних джерел, постановка проблеми. Здатність фіксувати атмосферний азот за допомогою бульбочкових бактерій та використовувати його в процесі синтезу амінокислот і білка є важливою властивістю бобових культур [10, 11, 12, 13, 14]. Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* соя здатна на 90 % забезпечувати власну потребу в азоті, а запаси його в повітрі вважають невичерпними.

Симбіотична активність рослин залежить від погодних умов року, рівня забезпечення посівів поживними речовинами, біологічних особливостей рослин та складових елементів технології вирощування культури, зокрема від норми висіву насіння та способу сівби [15, 16].

Науковці Р.М. Панасюк, В.В. Лихочвор і О.В. Панасюк [17] з'ясували, що з підвищенням норми висіву насіння від 500 до 800 тис. шт./га кількість загальних та активних бульбочок на коренях однієї рослини сої сорту Устя зменшувалася, зокрема у фазі повної бутонізації – на 7,4 та 5,8 шт., повного цвітіння – на 10,1 та 9,8 шт., збиральної стиглості – на 6,0 та 2,7 шт. відповідно.

Подібну тенденцію виявили І.Д. Ткаліч, і Т.П. Шепілова [18]. Вони наголошують, що підвищення норми висіву насіння сої від 300 до 700 тис. шт./га призводить до зменшення кількості й маси бульбочок на коренях однієї рослини, водночас їхня кількість і маса на одному гектарі за рахунок загущення посівів збільшується. У проведених ними дослідженнях найвища врожайність насіння й вищі показники симбіотичного апарату на коренях рослин сої формувалися на варіантах з міжряддями 15 см у комбінації з нормою висіву насіння 500 тис. шт./га.

Дослідники А.В. Дробітько і О.М. Дробітько [19] встановили тенденцію збільшення кількості бульбочок на коренях однієї рослини сої за умови розширення міжрядь. Зокрема, з розширенням міжрядь від 22,5 до 70 см кількість бульбочок на коренях однієї рослини сої сортів Хаджибей і Подільська 1 збільшувалася на 10 і 54 % відповідно.

Також існує думка щодо відсутності впливу способу сівби на варіабельність кількості і маси бульбочок у кореневій зоні рослин сої. Зокрема, Р.В. Олєпир і Л.М. Запорожець [20] звертають увагу на відсутність достовірного впливу способу сівби на зміну кількості і маси бульбочок на коренях однієї рослини сої.

Отже, аналіз існуючої інформації щодо питань впливу норм висіву насіння та способів сівби на параметри симбіотичного апарату рослин сої свідчить про дискусійність цього питання і неможливість визначення єдиного алгоритму закономірності впливу цих факторів на мінливість кількості і маси бульбочок на коренях рослин сої.

Мета і завдання дослідження. Виявити вплив різних комбінацій способу сівби з нормою висіву насіння на варіабельність кількості і сирової маси бульбочок на коренях рослин сої в умовах східної частини Лісостепу України.

Матеріал і методика. Дослідження проводили протягом 2015–2018 рр. в умовах ННВЦ «Дослідне поле» ХНАУ ім. В.В. Докучаєва в польовій зернопаропросапній сівозмі-ні кафедри рослинництва відповідно до загальноприйнятої методики [21, 22, 23]. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий глибокий важкосуглинковий на карбонатному лесі. Вміст гумусу в орному шарі становить 4,4–4,7 %, рухомого фосфору (за Чириковим) – 13,8 мг, калію – 10,3 мг на 100 г ґрунту.

Багатофакторний дослід закладали методом розщеплених блоків у чотирьох повтореннях. Ділянками першого порядку були два сорти сої (фактор А): Аннушка (оригіатор – НСНФ «Соевий вік») і Байка (оригіатор – ІР ім. В.Я. Юр'єва НААНУ). Ділянками другого порядку були три варіанти міжрядь (фактор В): 15, 45 і 70 см, і ділянками третього порядку – п'ять варіантів норми висіву насіння (фактор С): 800 тис. шт./га, 900, 1000, 1100 і 1200 тис. шт./га.

Визначення кількості та маси бульбочок на коренях рослин сої проводили методом моноліту за методикою Г.С. Посипанова [16].

Підготовка й обробіток ґрунту були загальноприйнятими для регіону [24]. Передбачалося максимальне знищення бур'янів, збереження вологи і створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин сої. Попередником була пшениця яра. Після збирання попередника проводили дискування (БДТ–7), потім оранку на глибину 25–27 см. Сіяли селекційною сівалкою ССФК–7 з подальшим прикочуванням кільчасто-шпоровими котками. У період вегетації рослин у посівах проводили два – три ручних розпушування міжрядь до змикання рядків. Урожай збирали селекційним комбайном «Samro–130» у фазі повної стиглості за вологості насіння 16–18 %.

Вегетаційний період сої в 2015 р. характеризувався посушливими умовами. Сума опадів становила – 215,9 мм, що на 74,1 мм менше багаторічної норми. Середньодобова температура повітря за період становила 19,6 °С. Сума температур вище 10 °С за вегетаційний період склала 3082 °С.

Оптимальні умови вегетаційного періоду склалися в 2016 р. Сума опадів становила 344,4 мм, що на 54,4 мм більше норми. Середньодобова температура повітря за вегетаційний період становила 19,6 °С, сума активних температур склала 3207,8 °С, що на 502,8 °С більше середньої багаторічної.

Вегетаційний період сої в 2017 р. характеризувався сухими умовами. Сума опадів склала 163,9 мм (52,4 % від норми). Температура повітря становила 18,2 °С, сума активних температур склала 3176 °С.

Менш сприятливим був вегетаційний період сої в 2018 р. він характеризувався сухими умовами. Сума опадів за вегетаційний період склала 107,8 мм, що становить 35,9 % від норми. Температура повітря за вегетаційний період становила 20,5 °С, сума активних температур за вегетаційний період склала 3291,5 °С.

Обговорення результатів. Обліки кількості і маси бульбочок на коренях рослин проводили в період найбільш активної азотфіксації – наприкінці цвітіння рослин сої.

Сприятливіші погодні умови для росту і розвитку рослин сої склалися у 2016 р. Кількість бульбочок на коренях десяти рослин була найбільшою і залежно від впливу досліджуваних факторів варіювала в діапазоні від 81,0 (на ділянках сорту Аннушка з міжряддям 70 см і нормою висіву насіння 800 тис. шт./га) до 194 шт. (на ділянках сорту Байка з міжряддям 15 см і нормою висіву насіння 1200 тис. шт./га) (табл. 1).

Найменшою кількістю бульбочок на коренях десяти рослин сої була у 2018 р. Вона варіювала в межах від 15,3 (на ділянках сорту Аннушка з міжряддям 70 см і нормою висіву 800 тис. шт./га) до 39,3 шт. (на ділянках сорту Байка з міжряддям 15 см і нормою висіву 1200 тис. шт./га).

В усі роки досліджень більшою кількістю бульбочок на коренях десяти рослин наприкінці фази цвітіння в середньому за нормами висіву насіння та варіантами ширини міжрядь була в сорту Байка, що свідчить про різницю в морфобіотипі досліджуваних сортів сої. Зокрема, в 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. кількість бульбочок на коренях десяти рослин сої цього сорту становила 83,0 шт., 141,3, 43,3 і 27,2 шт., тоді як на коренях десяти рослин

сої сорту Аннушка – 72,2 шт., 125,6, 37,3 і 23,3 шт. відповідно. За всіх комбінацій норми висіву насіння та ширини міжрядь в усі роки досліджень більша кількість бульбочок на коренях десяти рослин також була в сої сорту Байка.

Таблиця 1

Кількість бульбочок на коренях десяти рослин сої залежно від впливу досліджуваних комбінацій норми висіву насіння та ширини міжрядь, шт.

Ширина міжрядь, см (фактор В)	Норма висіву, тис. шт./га (фактор С)	Рік				Середнє
		2015	2016	2017	2018	
15	800	66,8/53,3*	118,0/94,0	35,0/28,0	22,0/17,5	60,4/48,2
	900	86,3/72,8	154,0/128,0	45,5/38,0	28,8/24,5	78,6/65,8
	1000	97,5/83,3	181,0/148,0	51,0/43,5	31,8/27,3	90,3/75,5
	1100	120,8/94,5	188,0/166,0	56,0/49,0	34,8/30,3	99,9/84,9
	1200	105,8/105,8	194,0/187,0	63,0/57,0	39,3/34,8	100,5/96,1
45	800	53,3/48,8	94,0/86,0	28,0/25,5	18,3/16,0	48,4/44,1
	900	68,3/57,0	121,0/101,0	35,5/30,0	21,8/19,0	61,6/51,8
	1000	87,8/69,0	133,0/122,0	40,5/36,0	26,5/22,8	71,9/62,4
	1100	92,3/81,8	153,0/154,0	47,5/41,0	28,8/25,8	80,4/75,6
70	1200	96,0/79,5	161,0/139,0	54,5/46,0	34,0/28,8	86,4/73,3
	800	51,0/45,8	89,0/81,0	26,5/24,0	17,3/15,3	45,9/41,5
	900	70,5/54,0	108,0/96,0	32,0/28,5	20,0/18,5	57,6/49,3
	1000	75,8/77,3	130,0/134,0	39,5/34,0	25,0/20,5	67,6/66,4
Середнє за нормами висіву	1100	84,8/78,0	143,0/127,0	51,0/41,5	27,5/22,8	76,6/67,3
	1200	87,8/81,8	153,0/121,0	44,5/37,0	31,8/25,8	79,3/66,4
	800	53,1	93,7	27,8	17,7	48,1
	900	68,1	118,0	34,9	22,1	60,8
Середнє за варіантами міжрядь	1000	81,8	141,3	40,8	25,6	72,4
	1100	92,0	155,2	47,7	28,3	80,8
	1200	92,8	159,2	50,3	32,4	83,7
	15	88,7	155,8	46,6	29,1	80,0
Середнє по сортах	45	73,4	126,4	38,5	24,2	65,6
	70	70,7	118,2	35,9	22,4	61,8
	Байка	83,0	141,3	43,3	27,2	73,7
Середнє	Аннушка	72,2	125,6	37,3	23,3	64,6
	Середнє	77,6	133,4	40,3	25,2	69,1
	НІР ₀₅ головного ефекту А	1,61	2,75	0,98	0,71	3,01
НІР ₀₅ головного ефекту В	1,97	3,37	1,20	0,87	3,69	
НІР ₀₅ головного ефекту С	2,54	4,35	1,55	1,12	4,77	
НІР ₀₅ взаємодії АВС	6,22	10,66	3,79	2,74	11,67	

Примітка: У чисельнику представлено показники кількості бульбочок на коренях десяти рослин сої сорту Байка, у знаменнику – сорту Аннушка.

Серед досліджуваних елементів технології більше впливали на варіабельність кількості бульбочок на коренях рослин чинили норми висіву насіння. У середньому за роками, сортами та досліджуваними варіантами міжрядь кількість бульбочок на коренях десяти рослин залежно від впливу норми висіву насіння варіювала в межах від 48,1 до 83,7 шт.

За поступового підвищення норми висіву насіння на крок градації – 100 тис. шт./га – прибавка кількості бульбочок ставала меншою. З підвищенням норми висіву насіння від 800 до 900 тис. шт./га кількість бульбочок на коренях десяти рослин збільшилася на 12,7 шт., від 900 до 1000 тис. шт./га – на 11,6 шт., від 1000 до 1100 тис. шт./га – на 8,4 шт. і від 1100 до 1200 тис. шт./га – лише на 2,9 шт. за НІР₀₅ головного ефекту норми висіву насіння

– 4,77 шт. Таким чином, з підвищенням норми висіву від 1100 до 1200 тис. шт./га кількість бульбочок на коренях рослин збільшувалася не істотно. Аналогічну тенденцію впливу норми висіву насіння спостерігали в усі роки досліджень.

У дослідженнях виявлено достатньо виражений ефект взаємодії норми висіву насіння з варіантами міжрядь на варіабельність кількості бульбочок на коренях рослин сої. Зокрема, у середньому по роках досліджень і сортах з підвищенням норми висіву насіння від 800 до 1200 тис. шт./га кількість бульбочок на коренях десяти рослин сої на варіантах з міжряддями 15 см збільшувалася на 44,0 шт. (на 81,0 %), на варіантах з міжряддями 45 см – на 33,6 шт. (72,6 %) і на варіантах з міжряддями 70 см – на 29,2 шт. (на 66,8 %). Отже, зі звуженням форми площі живлення рослин за рахунок розширення міжрядь і, відповідно, їх загушення в рядку, прибавка кількості бульбочок на коренях десяти рослин з підвищенням норми висіву зменшується.

Аналогічну закономірність простежували в усі роки досліджень. Зокрема, максимальна розбіжність між показниками кількості бульбочок на коренях десяти рослин сої за впливу норми висіву насіння в середньому по сортах на варіантах з міжряддями 15, 45 і 70 см у 2015 р. становила 45,7 шт., 36,7 і 36,4 шт., у 2016 році – 84,5 шт., 60,0 і 52,0 шт., у 2017 р. – 28,5 шт., 23,5 і 15,5 шт. відповідно.

Досліджувані варіанти ширини міжрядь також спричиняли істотні зміни кількості бульбочок на коренях рослин сої. Загальною закономірністю було зменшення їх кількості за умови розширення міжрядь, що логічно пояснюється звуженням площі живлення, оскільки за однакової норми висіву кількість рослин у рядку на варіантах з міжряддями 45 см утричі більша, ніж на варіантах з міжряддями 15 см, а на варіантах із міжряддями 70 см – у 4,6 рази.

Більшою мірою кількість бульбочок на коренях рослин зменшувалася з розширенням міжрядь від 15 до 45 см. Зокрема, з розширенням міжрядь від 15 до 45 см кількість бульбочок на коренях десяти рослин у середньому по роках, сортах і нормах висіву насіння зменшувалася на 14,4 шт., а з розширенням міжрядь від 45 до 70 см – лише на 3,8 шт. (див. табл. 1). Перевагу рядкового способу сівби з міжряддями 15 см за показниками кількості бульбочок на коренях рослин відзначали на обох сортах сої, в усі роки і за всіх норм висіву.

Уплив досліджуваних варіантів міжрядь коригувався погодними умовами вегетації рослин. Іншими словами – у дослідах спостерігали ефект взаємодії ширини міжрядь і погодних умов вегетації. У 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. при розширенні міжрядь від 15 до 70 см кількість бульбочок на коренях десяти рослин у середньому по сортах і нормах висіву насіння збільшувалася на 25,5 %, 31,8, 29,8 і 29,9 % відповідно. Таким чином, більша різниця між досліджуваними варіантами міжрядь по показниках кількості бульбочок на коренях рослин була в сприятливіших погодних умовах.

Оскільки гідротермічні умови під час вегетації рослин сої по роках досліджень різнилися, це дало змогу об'єктивніше оцінити дію екологічних чинників на симбіотичну продуктивність агрофітоценозу сої. Вологе і тепле літо 2016 р. було сприятливим для формування бульбочок, які починають утворюватися на 7–9^{-й} день після повних сходів [14]. Цей період у наших дослідженнях припав на кінець травня, коли кількість опадів перевищувала показник кліматичної норми в три рази. Відсутність опадів наприкінці вегетації рослин сої не впливала на інтенсивність біологічної фіксації азоту, оскільки в цей період розвитку рослин у бульбочок був лізис. Посушливе й тепле літо 2018 р. виявилось несприятливим для формування бульбочок. Відсутність опадів у першій і третій декадах травня негативно вплинуло на процес формування бульбочок, але достатня кількість запасів вологи в ґрунті дозволила розпочати цей процес. Негативний вплив на інтенсивність формування бульбочок та їх азотфіксацію мали погодні умови червня та липня. За 40 днів цього періоду випало 72 мм опадів, що на 55,5 % менше від показника кліматичної норми. На нашу думку, це призвело до лізису бульбочок під час бутонізації, а наступні бездощові декади серпня спричинили остаточне сповільнення формування бобово-ризобіального комплексу.

Оцінка досліджуваних факторів як джерел впливу на варіабельність кількості бульбочок на коренях рослин сої показала домінуючу роль погодних умов року. Понад 85,0 % загальної варіабельності кількості бульбочок на коренях рослин сої було зумовлено впли-

вом цього фактора (рис. 1). Серед досліджуваних елементів технології більший вплив у мінливість показника мали норми висіву насіння в досліджуваному діапазоні. Частка впливу цього фактора становила 8,3 %. Частка способу сівби дорівнювала лише 2,9 %.

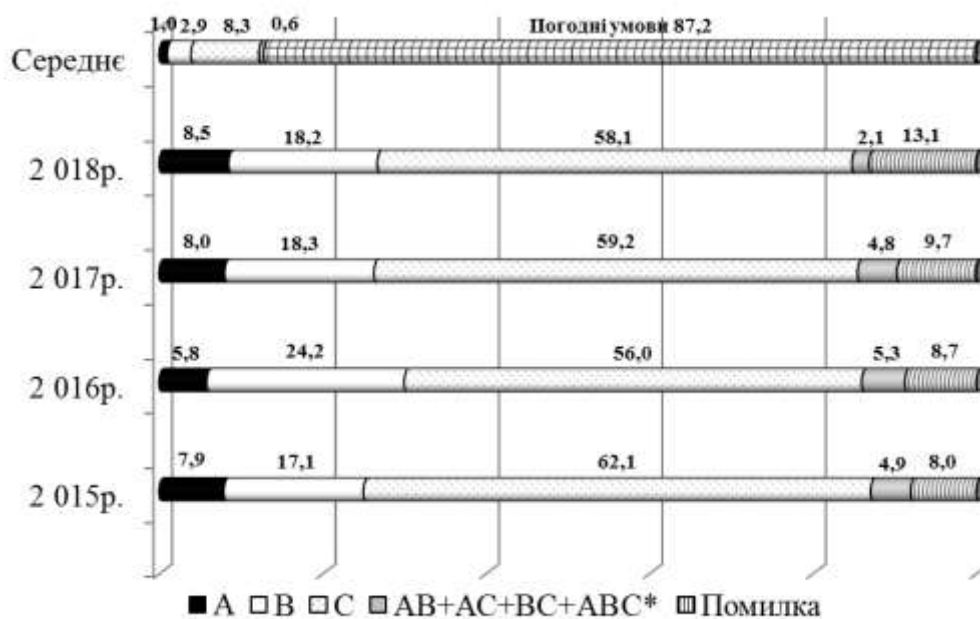


Рисунок 1. Частка впливу досліджуваних факторів на мінливість кількості бульбочок з 10 рослин сої, % (A – сорт, B – спосіб сівби, C – норма висіву; у 2015 р.: AB – 0,6, AC – 0,6, BC – 1,4, ABC – 2,3; у 2016 р.: AB – 0,5, AC – 0,3, BC – 2,6, ABC – 1,9; у 2017 р.: AB – 0,1, AC – 0,4, BC – 3,9, ABC – 0,4; у 2018 р.: AB – 0,1, AC – 0,5, BC – 1,2, ABC – 0,3; середнє за 2015–2018 рр.: AB – 0,1, AC – 0,1, BC – 0,2, ABC – 0,2)

За роками досліджень мінливість кількості бульбочок на коренях рослин також більшою мірою була зумовлена впливом норми висіву насіння. Зокрема, у 2015, 2016, 2017 і 2018 р. частка впливу цього фактора в загальній варіабельності кількості бульбочок на коренях рослин сої становила 62,1 %, 56,0, 59,2 і 58,1 % відповідно. Частка способів сівби на мінливість досліджуваного показника в ці роки дорівнювала 17,1 %, 24,2, 18,3 і 18,2 % відповідно. Серед головних ефектів факторів сорти спричиняли найменші зміни кількості бульбочок – 7,9 %, 5,8, 8,0 і 8,5 % відповідно.

Важливою перевагою багатофакторних досліджень є можливість проведення комплексної оцінки всіх комбінацій варіантів поставлених на вивчення факторів, оскільки сукупний ефект кожного з них урахуовуючи взаємодію з іншими факторами, більший, ніж його власний ефект.

У проведених дослідженнях сукупна частка впливу всіх взаємодій досліджуваних елементів технології була невисокою. Зокрема, у 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. вона становила 4,9 %, 5,3, 4,8 і 2,1 % відповідно.

Серед ефектів взаємодій у 2015 р. найбільшою була взаємодія сорту і способу сівби – 2,2 %. У 2017 р. серед ефектів взаємодії найбільшою вона була в норми висіву насіння та ширини міжрядь – 2,8 %, що свідчить про необхідність урахування способу сівби під час вибору норми висіву насіння.

Розмір, маса та нітрогеназна активність бульбочок зумовлюються місцем їх розташування на коренях рослин. Краще фіксують азот бульбочки, які утворюються на головному корені, ближче до його шийки [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

У проведеному досліді бульбочки були здебільшого дрібними і відносно рівномірно розосереджувалися на коренях рослин. Вони мали рожевий колір, що свідчить про їхню високу здатність акумулювати азот повітря.

Найбільша маса бульбочок на коренях рослин сої була в сприятливішому для вирощування рослин 2016 р., а найменша – у 2018 р. У середньому по сортах, нормах висіву

насіння та способах сівби маса бульбочок на коренях десяти рослин сої у 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. становила 7,02 г, 12,13, 4,56 і 2,71 г відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Маса бульбочок на коренях десяти рослин сої залежно від впливу досліджуваних комбінацій норми висіву насіння та ширини міжрядь, г

Ширина міжрядь, см (фактор В)	Норма висіву, тис. шт./га (фактор С)	Рік				Середнє
		2015	2016	2017	2018	
15	800	6,50/5,80	11,20/9,90	4,15/3,70	2,50/2,20	6,08/5,40
	900	7,70/6,35	13,20/10,80	4,90/4,05	3,00/2,35	7,19/5,89
	1000	8,70/6,90	15,30/12,10	5,53/4,45	3,30/2,70	8,21/6,53
	1100	10,25/7,80	15,90/13,40	6,13/4,98	3,60/2,98	8,97/7,29
	1200	9,35/9,30	16,50/15,40	6,60/5,90	3,90/3,50	9,08/8,53
45	800	6,40/5,60	10,90/9,70	4,10/3,63	2,40/2,20	5,94/5,29
	900	7,20/6,20	12,70/10,50	4,60/3,93	2,90/2,30	6,85/5,73
	1000	8,30/6,80	13,30/11,60	5,03/4,33	3,10/2,50	7,44/6,31
	1100	8,40/8,55	14,20/15,70	5,58/4,78	3,30/2,80	7,86/7,96
	1200	9,00/7,45	15,30/13,00	6,40/5,88	3,70/3,50	8,59/7,45
70	800	5,25/4,15	9,00/7,10	3,38/2,65	1,98/1,60	4,91/3,88
	900	6,35/4,75	10,80/8,30	3,73/3,08	2,20/1,80	5,78/4,48
	1000	6,65/5,60	11,50/11,40	4,20/3,43	2,48/2,03	6,21/5,61
	1100	7,10/6,05	12,60/10,20	5,33/4,25	3,08/2,20	7,02/5,68
	1200	5,95/6,20	13,20/9,30	4,53/3,73	2,80/2,40	6,61/5,40
Середнє по нормах висіву	800	5,62	9,63	3,60	2,15	5,25
	900	6,43	11,05	4,05	2,43	5,99
	1000	7,16	12,54	4,49	2,68	6,72
	1100	8,03	13,66	5,17	2,99	7,46
Середнє по варіантах міжрядь	15	7,87	13,36	5,04	3,00	7,32
	45	7,84	13,31	5,03	2,99	6,94
	70	7,77	13,23	4,98	2,98	5,56
Середнє по сортах	Байка	7,54	13,03	4,94	2,95	7,11
	Аннушка	6,50	11,23	4,18	2,47	6,09
Середнє		7,02	12,13	4,56	2,71	6,60
НІР ₀₅ головного ефекту А		0,19	0,23	0,10	0,07	0,22
НІР ₀₅ головного ефекту В		0,23	0,28	0,12	0,09	0,27
НІР ₀₅ головного ефекту С		0,29	0,37	0,16	0,11	0,35
НІР ₀₅ взаємодії АВС		0,73	0,89	0,38	0,28	0,85

Примітка. У чисельнику представлено показники маси бульбочок на коренях десяти рослин сої сорту Байка, у знаменнику – сорту Аннушка.

В усі роки досліджень найбільша маса бульбочок на коренях десяти рослин наприкінці фази цвітіння була в сорту Байка на варіантах максимальної норми висіву насіння – 1200 тис. шт./га у комбінації з найвужчими міжряддями – 15 см. У 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. вона становила 9,35 г, 16,50, 6,60 і 3,90 г відповідно.

Мінімальна маса бульбочок на коренях десяти рослин сої в усі роки досліджень була в сорту Аннушка за норми висіву насіння 800 тис. шт./га в комбінації з найширшими міжряддями – 70 см. У 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. вона становила 4,15 г, 7,10, 2,62 і 1,60 г відповідно.

Маса бульбочок на коренях десяти рослин в усі роки досліджень істотно збільшувалася з підвищенням норми висіву від 800 до 1100 тис. шт./га. Підвищення норми висіву

насіння від 1100 до 1200 тис. шт./га забезпечувало істотне збільшення маси бульбочок десяти рослин лише у 2017 і 2018 рр.. У 2015 і 2016 рр. виявлено лише статистично не доведену тенденцію збільшення маси бульбочок на десяти рослинах сої за умови підвищення норми висіву насіння від 1100 до 1200 тис. шт./га.

Порівняно з кількістю бульбочок на коренях десяти рослин сої їхня маса менше змінювалася за впливу досліджуваного діапазону норми висіву насіння, отже, що за умови підвищення норми висіву насіння середня маса однієї бульбочки зменшувалася. У середньому по роках максимальний діапазон розбіжності кількості бульбочок на коренях десяти рослин за впливу головного ефекту норми висіву насіння становив 74,0 %, а їхньої маси – 45,0 %.

Досліджувані варіанти ширини міжрядь мали фактично однаково впливали і на кількість, і масу бульбочок на коренях десяти рослин сої. Зокрема, за умови розширення міжрядь від 15 до 70 см кількість бульбочок на коренях десяти рослин сої у середньому по решті факторів зменшувалася на 29,4 %, а їхня маса – на 31,7 %. Аналогічну закономірність спостерігали в усі роки досліджень на посівах обох сортів сої.

Серед досліджуваних елементів технології більший вплив на мінливість маси бульбочок, і їхню кількість чинили норми висіву насіння, водночас їхній вплив на мінливість маси бульбочок був дещо менший. У 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. частка впливу цього фактора в мінливість маси бульбочок становила 33,1 %, 40,2, 44,8 і 40,8 % відповідно (рис. 2).

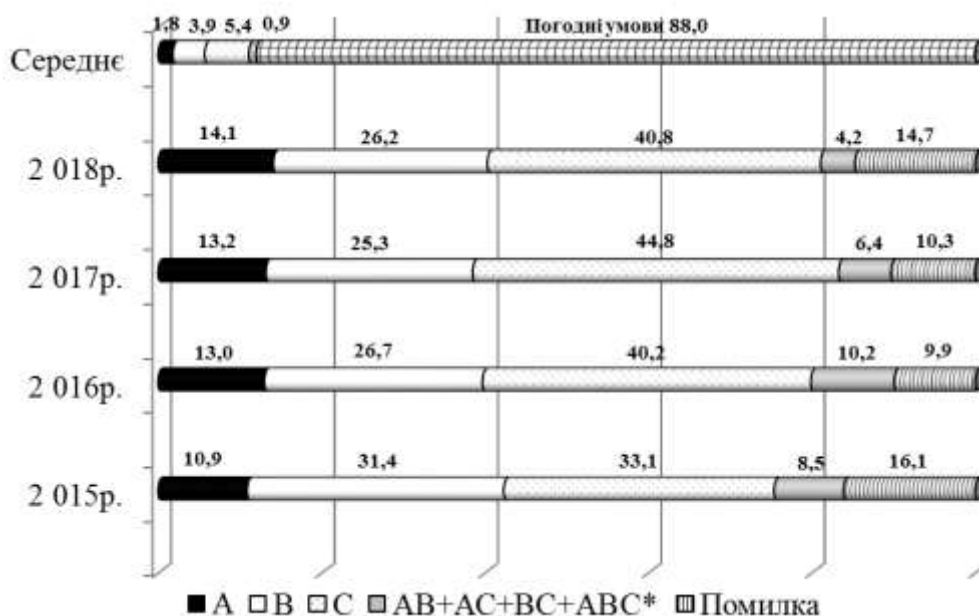


Рисунок 2. Частка впливу досліджуваних факторів у мінливість сирової маси бульбочок з 10 рослин сої, % (А – сорт, В – спосіб сівби, С – норма висіву, у 2015 р.: АВ – 0,3, АС – 1,3, ВС – 3,3, АВС – 3,6; у 2016 р.: АВ – 0,8, АС – 1,1, ВС – 3,8, АВС – 4,5; у 2017 р.: АВ – 0,2, АС – 0,6, ВС – 5,4, АВС – 0,2; у 2018 р.: АВ – 0,1, АС – 1,3, ВС – 2,2, АВС – 0,6; середнє за 2015–2018 рр.: АВ – 0,1, АС – 0,1, ВС – 0,4, АВС – 0,3)

Частка впливу досліджуваних варіантів ширини міжрядь на мінливість маси бульбочок на коренях десяти рослин була значно вищою, ніж на мінливість їхньої кількості. У 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. частка впливу цього фактора на мінливість маси бульбочок на коренях десяти рослин сої становила 31,4 %, 26,7, 25,3 і 26,2 % відповідно.

Серед досліджуваних факторів найменшу варіабельність маси бульбочок на коренях десяти рослин сої забезпечували сорти, однак частка їх впливу на мінливість маси бульбочок була значно більшою, ніж на мінливість їхньої кількості. Частка впливу сортових особливостей на мінливість маси бульбочок на коренях рослин сої у 2015, 2016, 2017 і 2018 рр. становила 10,9 %, 13,0, 13,2 і 14,1 % відповідно.

У сприятливіших для вирощування сої 2015 і 2016 рр., серед ефектів взаємодії найбільшою була взаємодія всіх трьох факторів – 3,6 і 4,5 % відповідно, що свідчить про важливість підбору комбінації способу сівби з нормою висіву насіння під конкретний сорт сої. У менш сприятливих для вирощування рослин сої 2017 і 2018 роках серед ефектів взаємодії найбільшою була взаємодія норми висіву насіння з шириною міжрядь 5,4 і 2,2 % відповідно, що вказує на важливість правильного підбору факторів, що визначають площу живлення рослин та її форму.

За аналогією з показниками кількості бульбочок на коренях десяти рослин, їхня маса також більшою мірою зумовлювалася впливом погодних умов вегетації рослин. Частка впливу цього фактора на мінливість показника становила 88,0 %, тоді як на норму висіву і спосіб сівби припадало лише 5,4 і 3,9 %. Серед досліджуваних факторів сорт мав найменшу частку впливу на зміну сирової маси бульбочок на коренях рослин – лише 1,8 %.

Висновки. У ході досліджень встановлено закономірність збільшення кількості і маси бульбочок на коренях рослин сої за умови збільшення норми висіву насіння. За поступового її підвищення від 800 до 1200 тис. шт./га приріст показників зменшувався.

Зі звуженням форми площі живлення рослин за рахунок розширення міжрядь і, відповідно, їх загущення в рядку, прибавка кількості та маси бульбочок на коренях рослин з підвищенням норми висіву зменшувалася.

Більша кількість і маса бульбочок на коренях десяти рослин формувалася на варіантах з міжряддями 15 см. Їх кількість і маса помітніше зменшувалася з розширенням міжрядь від 15 до 45 см. З розширенням міжрядь від 15 до 45 см кількість бульбочок на коренях десяти рослин у середньому по роках, сортах і нормах висіву зменшувалася на 14,4 шт., а від 45 до 70 см – на 3,8 шт.

Порівняно з кількістю бульбочок їх маса зазнавала менших змін за впливу норми висіву, а це свідчить, що за умови її підвищення, середня маса однієї бульбочки зменшувалася. У середньому по роках діапазон розбіжності кількості бульбочок на коренях десяти рослин за впливу головного ефекту норми висіву насіння становив 74,0 %, а їхньої маси – 45,0 %.

Установлено домінуючу роль погодних умов на мінливість параметрів симбіотичної активності. Понад 85,0 % загальної варіабельності кількості і маси бульбочок на коренях рослин сої було зумовлено впливом цього фактора. Серед досліджуваних елементів технології найбільший вплив на мінливість цих показників чинили норми висіву насіння, найменший – сортоособливості.

Список використаних джерел

1. Державна служба статистики України. Валова продукція сільського господарства України за 1990–2019 роки. Київ, 2019. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Бабич А.О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля: монографія. Київ: Аграр. наука, 1998. 272 с.
3. Міхеєва О.О., Рожков А.О., Міхеєв В.Г. Динаміка наростання площі листкової поверхні рослин сої залежно від норм висіву і способів сівби. Біоресурси і природокористування. 2019. Т. 11. № 1–2. С. 77–88. DOI.org/10.31548/bio2019.01.009.
4. Огурцов Є.М. Соя у Східному Лісостепу України: монографія. Харків, 2008. 270 с.
5. Огурцов Є.М., Міхеєв В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: монографія / за ред. М.А. Бобра. Харків: ХНАУ, 2016. 268 с.
6. Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Адамень Ф.Ф. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. Вісник аграрної науки. 1996. № 2. С. 34–39.
7. Міхеєв В.Г. Вплив регуляторів росту та інокуляції насіння на кількість та масу бульбочок у рослин сої сорту романтика. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської обл. Вип. 12. С. 169–173.
8. Lyu X., Xia X., Wang C., Ma C., Dong, S. Effects of changes in applied nitrogen concentrations on nodulation, nitrogen fixation and nitrogen accumulation during the soybean

- growth period. Soil science and plant nutrition. 2019. V. 65. № 5. P. 479-489. DOI: 10.1080/00380768.2019.1667213.
9. Egamberdiyeva D., Qarshieva D., Davranov K., Growth and yield of soybean varieties inoculated with Bradyrhizobium spp in N-deficient calcareous soils. Biology and fertility of soils. 2004. V. 40 № 2. P. 144-146. DOI: 10.1007/s00374-004-0755-1.
 10. Чернега Т.О. Ефективність заходів хімічного захисту посівів сої від багаторічних бур'янів у Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 – рослинництво. Київ, 2004. 19 с.
 11. Abbasi M., Manzoor M., Tahir M. Efficiency of rhizobium inoculation and p fertilization in enhancing nodulation, seed yield, and phosphorus use efficiency by field grown soybean under hilly region of rawalakot azad Jammu and Kashmir, Pakistan. Journal of Plant Nutrition. 2010. V. 33. № 7. P. 1080-1102. DOI: 10.1080/01904161003729782.
 12. Egamberdiyeva D., Qarshieva D., Davranov K. The use of Bradyrhizobium to enhance growth and yield of soybean in calcareous soil in Uzbekistan. Journal of Plant Growth Regulation. 2004. V. 23. № 1. P. 54-57. DOI: 10.1007/s00344-004-0069-4.
 13. Fatima Z., Zia M., Chaudhary M. Interactive effect of Rhizobium strains and P on soybean yield, nitrogen fixation and soil fertility. 2007. Pakistan Journal of Botany. V. 39. № 1. P. 255-264.
 14. Береговенко С.К. Ефективність симбіозу сортів сої і штамів *Bradyrhizobium japonicum* залежно від ступеня їх компліментарності та умов вирощування: автореф. дис. ... канд. біолог. наук: спец. 03.00.07 – мікробіологія. Київ, 1998. 21 с.
 15. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ: Урожай, 1993. 430 с.
 16. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие. Москва: Агропромиздат, 1991. 300 с.
 17. Панасюк Р.М., Лихочвор В.В., Панасюк О.В. Вплив норм висіву на формування симбіотичної та зернової продуктивності сортів сої в умовах західного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 69. С. 133–140.
 18. Ткаліч І.Д., Шепілова Т.П. Вплив способів сівби, норм висіву і бактеріальних препаратів на формування бульбочкових бактерій і урожайність сої. Посібник українського хлібороба. 2011. С. 154–155.
 19. Дробітько А.В., Дробітько О.М. Вплив ширини міжрядь на ріст, розвиток і урожайність сої в ФГ «Відродження» Братського району Миколаївської області. Корми і кормовиробництво. 2006. Вип. 57. С. 176–182.
 20. Олєпир Р.В., Запорожець Л.М. Вплив агроекологічних факторів на вміст протеїну та олії в насінні сої. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2014. Вип. 17. С. 139–142.
 21. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А.О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с.
 22. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів досліджень / за ред. А.О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 352 с.
 23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учеб. пособ. Москва: Колос, 1979. 416 с.
 24. Тіщенко Л.М., Корнієнко С.І., Дубровін В.А. та ін. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: кол. монограф. Харків: Щедра садиба плюс, 2015. 273 с.

References

1. State Statistics Service of Ukraine. Gross agricultural output of Ukraine in 1990–2019. [State Statistics Service of Ukraine. 2019. Kyiv. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Babych AO. Soybean for health and life on planet Earth. Kyiv: Agrarna nauka, 1998 272 p.
3. Mikheeva OO, Rozhkov AO, Mikheev VH. Dynamics of leaf area increase in soybean plants depending on seeding rates and sowing methods. Bioresursy i pryrodokorystuvannia. 2019; 11(1–2): 77–88. DOI.org/10.31548/bio2019.01.009.
4. Ohurtsov YeM. Soybean in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. Kharkiv, 2008, 270 p.

5. Ohurtsov YeM, Mikheev VH, Byelinsky YuV, Klymenko IV. Adaptive technology of soybean cultivation in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. In: MA Bobro, ed. Kharkiv: KhNAU, 2016. 268 p.
6. Babych AO, Petrychenko VF, Adamen FF. The problem of photosynthesis and biological fixation of nitrogen by legumes. *Visnyk ahrarnoyi nauky*. 1996; 2: 34–39.
7. Mikheev VH. Influence of growth regulators and seed inoculation on the tuber number and weight in soybean plants of variety Romantyka. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoyi oblasti*. 2012; 12: 169–173.
8. Lyu X, Xia X, Wang C, Ma C, Dong S. Effects of changes in applied nitrogen concentrations on nodulation, nitrogen fixation and nitrogen accumulation during the soybean growth period. *Soil science and plant nutrition*. 2019; 65(5): 479–489. DOI: 10.1080/00380768.2019.1667213.
9. Egamberdiyeva D, Qarshieva D, Davranov K. Growth and yield of soybean varieties inoculated with *Bradyrhizobium* spp. in N-deficient calcareous soils. *Biology and fertility of soils*. 2004; 40(2): 144–146. DOI: 10.1007/s00374-004-0755-1.
10. Cherneha TO. The effectiveness of chemical protection of soybean crops against perennial weeds in the Forest-Steppe of Ukraine. [dissertation]. Kyiv, 2004. 19 p.
11. Abbasi M, Manzoor M, Tahir M. Efficiency of rhizobium inoculation and p fertilization in enhancing nodulation, seed yield, and phosphorus use efficiency by field grown soybean under hilly region of rawalakot azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Journal of plant nutrition*. 2010; 33(7): 1080–1102. DOI: 10.1080/01904161003729782.
12. Egamberdiyeva D, Qarshieva D, Davranov K. The use of *Bradyrhizobium* to enhance growth and yield of soybean in calcareous soil in Uzbekistan. *Journal of plant growth regulation*. 2004; 23(1): 54–57. DOI: 10.1007/s00344-004-0069-4.
13. Fatima Z, Zia M, Chaudhary M. Interactive effect of *Rhizobium* strains and P on soybean yield, nitrogen fixation and soil fertility. *Pakistan journal of botany*. 2007; 39(1): 255–264.
14. Berehovenko SK. The effectiveness of symbiosis between soybean varieties and *Bradyrhizobium japonicum* strains, depending on their complementarity and cultivation conditions. [dissertation]. Kyiv, 1998. 21 p.
15. Babych AO. Current production and use of soybeans. Kyiv: Urozhay. 1993. 430 p.
16. Posypanov GS. Methods of studying biological fixation of nitrogen from air. Moscow: Agropromizdat, 1991. 300 p.
17. Panasiuk RM, Lykhochvor VV, Panasiuk OV. Influence of seeding rates on symbiotic and grain performance of soybean varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2011; 69: 133–140.
18. Tkalich ID, Chepilova TP. Effects of sowing methods, seeding rates and bacterial agents on bacterial tubers and soybean yield. *Posibnyk ukrayinskogo khliboroba*. 2011: 154–155.
19. Drobitko AV, Drobitko OM. Influence of row spacing on soybean growth, development and yield on the Farm «Vidrodzhennia» of Bratsk district of Mykolaiv Oblast. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2006; 57: 176–182.
20. Olepir RV, Zaporozhets LM. Influence of agri-environmental factors on the protein and oil contents in soybean seeds. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoyi oblasti*. 2014; 17: 139–142.
21. Rozhkov AO, Puzik VK, Kalenska SM et al. Research in agronomy: theoretical aspects of research. In: AO Rozhkov, ed. Kharkiv: Maydan, 2016. 316 p.
22. Rozhkov AO, Puzik VK, Kalenska SM et al. Research in agronomy: theoretical aspects of research. Statistical processing of study data. In: AO Rozhkov, ed. Kharkiv: Maydan, 2016. 352 p.
23. Dospekhov BA. Methods of field experience. Moscow: Kolos, 1979. 416 p.
24. Tishchenko LM, Korniyenko SI, Dubrovin VA. et al. Technological maps of agricultural crop cultivation. Kharkiv: Shchedra sadyba plyus, 2015. 273 p.

КОЛИЧЕСТВО И МАССА КЛУБЕНЬКОВ НА КОРНЯХ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА И ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ

Михеева О.А., Рожков А.А., Михеев В.Г.

Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, Украина

Цель и задачи исследований предусматривали установление влияния различных комбинаций ширины междурядий с нормой высева семян на вариабельность количества и сухой массы клубеньков на корнях сои в условиях Восточной Лесостепи Украины.

Материалы и методы. Исследования проводили на протяжении 2015–2018 гг. на базе УНПЦ «Опытное поле» ХНАУ им. В.В. Докучаева в полевом зернопаропропашном севообороте кафедры растениеводства в соответствии с общепринятой методикой. Многофакторный опыт ставили методом расщеплённых блоков в четырёх повторениях. Делянками первого порядка были два сорта сои (фактор А): Аннушка и Байка. Делянками второго порядка были три варианта междурядий (фактор В): 15, 45 и 70 см и делянками третьего порядка – пять вариантов нормы высева (фактор С): 800, 900, 1000, 1100 и 1200 тыс. шт./га.

Обсуждение результатов. Среди исследуемых факторов большее влияние на изменчивость количества клубеньков на корнях растений оказывали нормы высева семян. В среднем по годам, сортам и исследуемым вариантам ширины междурядий количество клубеньков на корнях десяти растений варьировало в диапазоне от 48,1 до 83,7 шт. При постепенном повышении нормы высева на шаг градации – 100 тыс. шт./га – прибавка показателя постепенно уменьшалась. С повышением нормы высева от 1100 до 1200 тыс. шт./га количество клубеньков на корнях растений увеличивалось незначительно.

Исследуемые варианты междурядий также вызывали существенные изменения количества клубеньков на корнях растений. Общей закономерностью было уменьшение их количества при условии расширения междурядий, что логично объясняется сужением площади питания, поскольку при одинаковой норме высева семян количество растений в строке на вариантах с междурядьями 45 см в три раза больше, чем на вариантах с междурядьями 15 см, а на вариантах с междурядьями 70 см – в 4,6 раза.

Во все годы исследований наибольшая масса клубеньков на корнях десяти растений в конце фазы цветения была у сорта Байка на вариантах максимальной нормы высева семян – 1200 тыс. шт./га в сочетании с междурядьями 15 см. В частности, масса клубеньков на корнях десяти растений в этом варианте в 2015, 2016, 2017 и 2018 гг. составляла 9,35 г, 16,50, 6,60 и 3,90 г соответственно.

Выводы. В ходе исследований установлено закономерность увеличения количества и массы клубеньков на корнях растений сои при условии повышения нормы высева семян. При постепенном ее повышении от 800 до 1200 тыс. шт./га прирост показателей становился меньше.

При сужении формы площади питания растений за счет расширения междурядий и, соответственно, их загущения в строке, прибавка количества и массы клубеньков на корнях растений с повышением нормы высева становилась меньше.

Установлена доминантная роль погодных условий в изменчивости параметров симбиотической активности. Более 85,0 % общей вариабельности количества и массы клубеньков на корнях растений сои было обусловлено влиянием этого фактора. Среди исследуемых элементов технологии наибольшее влияние на изменчивость этих показателей оказали нормы высева семян, наименьший – сортоособенности.

Ключевые слова: соя, норма высева, сорт, способ посева, количество и масса клубеньков.

NODULE NUMBER AND WEIGHT ON SOYBEAN ROOTS DEPENDING ON SEEDING RATES AND ROW SPACINGS

Mikheeva O. O., Rozhkov A. O., Mikheev V. G.

Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Ukraine

Objectives. To describe the effects of different combinations of row spacings with seeding rates on the variability of the root nodule number and fresh weight on soybean roots in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine.

Materials and methods. The studies were conducted in the field grain-intertilled crop of the Department of Plant Production of the ERPC «Opytnoye Pole» of KhNAU nd. a V.V Dokuchaev in 2015–2018 in accordance with conventional methods. The multiple-factor experiment was carried out by split-plot method in four replications. The first order plots were two soybean varieties (factor A): Annushka and Bayka. The second order plots were three row spacings (factor B): 15, 45 and 70 cm, and the third order plots were five seeding rates (factor C): 800, 900, 1,000,000, 1,100,000, and 1,200,000 seeds/ha.

Results and discussion. Of the factors under investigation, the seeding rates had the greatest influence on the variability of the root nodule number on plant roots. The average root nodule number on roots of ten plants varied from 48.1 to 83.7, depending on the year, variety and row spacing. With a gradual increase in the seeding rate in increments of 100,000 seeds/ha, the gain in the parameter gradually decreased. With an increase in the seeding rate was from 1,100,000 to 1,200,000 seeds/ha, the root nodule number on plant roots increased insignificantly.

The investigated row spacings also significantly changed the root nodule number on plant roots. A common pattern was a decline in their number, as the row spacing increased. It is rationally attributed to the feeding area narrowing, since with the same seeding rate, the plant number per row with a row spacing of 45 cm was three times as much as that with a row spacing 15 cm, and in the experiments with a row spacing of 70 cm, it was 4.6 times as much.

In all the study years, the largest root nodule weight on roots of ten plants by the anthesis completion was recorded for variety Baika with the maximum seeding rate of 1,200,000 seeds/ha in combination with a 15 cm row spacing. In particular, the root nodule weight on roots of ten plants in this experiment was 9.35, 16.50, 6.60, and 3.90 g in 2015, 2016, 2017, and 2018 respectively.

Conclusions. We found a pattern in the increase in the root nodule number and weight on soybean plant roots when the seeding rate increased. With its gradual increase from 800,000 to 1,200,000 seeds/ha, the gain in the parameter became less prominent.

With a reduction in the plant nutrition area due to the row spacing expansion and, accordingly, a greater plant density in the row, the gain in the root nodule number and weight on plant roots decreased, as the seeding rate increased.

The dominant role of weather conditions in the variability of symbiotic activity parameters has been established. Over 85.0% of the total variability in the root nodule number and weight on soybean plant roots was due to the influence of this factor. Of the studied technological elements, the seeding rate had the greatest impact on the variability of these parameters, and varietal features – the least.

Key words: *soybean, seeding rate, variety, sowing method, root nodule number and weight.*