СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-12

THE FORMATION OF SYMBIOTIC PRODUCTIVITY OF SOYA VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

T. A. Zabarna, L. V. Pelekh

Vinnitsa National Agrarian University

Received 06.11.2019

Submitted 10.03.2020

The studies were carried out as part of the university-wide research direction «Alternative Bioenergy and Bioorganic Agrotechnologies» and the initiative topics of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry “Features of the formation of crop productivity in a typical crop rotation system for climate change in the forest-steppe zone of Right-Bank Ukraine» during 2016-2018. (pre-registration and post-registration period) on the experimental field of Vinnitsa National Agrarian University

Summary

The article explores the processes of growth, development, symbiotic indicators and the productivity of soybean varieties Merlin and Kent, depending on the scheme of foliar feeding.

Abstract

Relevance. In terms of the scale of production in world agriculture, soybean is one of the first places among agricultural crops due to its valuable biological and economic properties. Soybean seeds contain more than 40% protein, which is well balanced in amino acid composition, up to 18% oil, 25-30% carbohydrates, a diverse set of vitamins and minerals, which makes it an excellent alternative to animal products. Soya is ahead of all other crops in terms of growth. sown area. In Ukraine over the past 10 years, soybean crops have grown almost ten times, increasing annually by an average of 30%. Today, the varietal composition has significantly enriched and the level of soybean grain yield has increased. However, the realization of the genetic potential of modern varieties remains quite low, and the average yield in Ukraine is 1.2-1.9 t/ha. **Object.** The processes of growth, development, symbiotic indicators and yield of soybean varieties Merlin and Kent, depending on the scheme of foliar top dressing. **Materials and methods.** Studies were conducted at the experimental site of VNAU using the following methods: field - to determine the action and interaction of agrotechnical factors, investigated; laboratory - conducting an agrochemical analysis of soil and plants and determining indicators of the chemical composition of soybean grain; measuring and weighing - determination of biometric indicators of the formation of soybean grain yield; mathematically - statistical - establishing the reliability of the results; settlement and comparative - determining the economic efficiency of soybean cultivation, depending on the factors studied. **Results and conclusions.** The maximum amount of biologically fixed nitrogen, 134.28 kg / ha, was noted on options with a double combination of foliar top dressing when growing Kent soybean. The maximum value of the number of nodules and their mass was reached at the end of the soybean flowering phase. With further development, there was a slight decrease in their number, which can be explained by the intense formation of beans. It is well known that over the past period for many world farmers, in particular Ukraine, the main high-margin culture is soy. The interest in this culture does not cease to grow, as more and more opportunities open up for its implementation abroad, and especially this applies to such a giant country as China, the largest importer of soybeans in the world. A well-selected variety is more than 50% success in production. It is important to determine and create optimal conditions for the implementation of the potential nitrogen-fixing activity of soybean of each variety in specific soil and climatic conditions. Under normal growing conditions, one soybean plant can form an average of 20 to 85 nodules or more. Field studies to study the formation of symbiotic productivity by different soybean varieties and its effect on yield indicators were carried out on the experimental field of Vinnitsa National Agrarian University during 2017-2018. Experimental studies included the study of the nitrogen-fixing ability of soybean varieties,

the number and weight of nodules was studied and analyzed based on the influence of individual elements of the technology for growing the crop. The results of the study confirmed that the studied technology elements have an impact on the formation of symbiotic crop productivity. The final value in the maximum realization of the genetic potential of soybean varieties is played by growing technology and weather conditions. But even with the instability of weather conditions in some years, leguminous crops, using soya as an example, have a scientific justification for effective cultivation technologies, which in the future will provide an increase in the level of soybean cultivation.

Key words: *soy, development, foliar fertilizers, variety, symbiotic productivity, root nodules.*

Citation. Zabarna T. A., Pelekh L. V. Formation of symbiotic productivity of soybean varieties in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 114-125 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-12.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.34(477)

ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Т. А. Забарна, кандидат сельскохозяйственных наук

Л. В. Пелех, кандидат сельскохозяйственных наук

Винницкий национальный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 06.11.2019

Дата принятия к печати 10.03.2020

Исследования проводились в рамках общеуниверситетского научного направления «Альтернативная биоэнергетика и биоорганические агротехнологии» и инициативной тематики кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии «Особенности формирования продуктивности сельскохозяйственных культур в системе типичного севооборота по изменению климата в условиях Лесостепи Правобережной Украины» на протяжении 2016-2018 гг. (дорегистрационные и послерегистрационный срок) на опытном поле ВНАУ

Актуальность. По масштабам производства в мировом земледелии соя занимает одно из первых мест среди сельскохозяйственных культур благодаря своим ценным биологическим и хозяйственным свойствам. В семенах сои содержится более 40 % белка, который хорошо сбалансирован по аминокислотному составу, до 18 % масла, 25-30 % углеводов, разнообразный набор витаминов и минеральных веществ, что делает ее отличной альтернативой продуктам животного происхождения. Соя опережает все другие культуры по темпам роста посевных площадей. В Украине за последние 10 лет посевы сои выросли почти в десять раз, увеличиваясь ежегодно в среднем на 30 %. На сегодня значительно обогатился сортовой состав и повысился уровень урожая зерна сои. Однако реализация генетического потенциала современных сортов остается достаточно низкой, а средняя урожайность в Украине составляет 1,2-1,9 т/га. **Объект.** Процессы роста, развития, симбиотические показатели и урожайность сортов сои Мерлин и Кент в зависимости от схемы проведения внекорневых подкормок. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке ВНАУ с применением таких методов, как полевой – для определения действия и взаимодействия агротехнических факторов, лабораторный – для проведения агрохимического анализа почвы и растений и определения показателей химического состава зерна сои; измерительно-весовой – для определения биометрических показателей формирования урожая зерна сои; математически-статистический – для установления достоверности полученных результатов; расчетно-сравнительный – для определения экономической эффективности выращивания сои в зависимости от исследуемых факторов. **Результаты и выводы.** Максимальное количество биологически фиксированного азота 134,28 кг/га было отме-

чено на вариантах с двукратным сочетанием внекорневых подкормок при выращивании сои сорта Кент. Максимальное значение количества клубеньков и их массы было достигнуто в конце фазы цветения сои. При дальнейшем развитии отмечалось некоторое снижение их количества, что можно объяснить интенсивным формированием бобов. Общеизвестно, что за последний период для многих мировых аграриев, в том числе аграриев Украины, основной высокомаржинальной культурой является соя. Заинтересованность этой культурой не перестает расти, поскольку открываются все новые и новые возможности для ее реализации за рубежом, и особенно это касается такой страны-гиганта, как Китай, – наибольшего импортера сои в мире. Удачно подобранный сорт составляет больше 50 % успеха в производстве. Важно определить и создать оптимальные условия для реализации потенциальной азотфиксирующей активности сои каждого сортотипа в конкретных почвенно-климатических условиях. При нормальных условиях выращивания одно растение сои способно сформировать в среднем от 20 до 85 клубеньков и больше. Полевые исследования по изучению формирования разными сортами сои симбиотической продуктивности и ее влияния на показатели урожайности проводили на опытном поле Винницкого национального аграрного университета на протяжении 2017-2018 годов. Экспериментальные исследования включали изучение азотфиксирующей способности сортов сои, исследованы и проанализированы количество и масса клубеньков на основе влияния отдельных элементов технологии выращивания культуры. Полученные результаты исследования подтвердили, что исследуемые элементы технологии имеют влияние на формирование симбиотической продуктивности культур. Окончательное значение в максимальной реализации генетического потенциала сортов сои играет технология выращивания и погодные условия. Но даже при нестабильности погодных условий в отдельные годы зернобобовые культуры на примере сои имеют научное обоснование эффективных технологий возделывания, что в будущем обеспечит повышение уровня культивирования сои.

Ключевые слова: соя, развитие сои, внекорневые удобрения, сорта сои, симбиотическая продуктивность сои, корневые клубеньки сои.

Цитирование. Забарна Т. А., Пелех Л. В. Формирование симбиотической продуктивности сортов сои в условиях Правобережной лесостепи Украины. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 114-125. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-12.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Общеизвестно, что за последний период для многих мировых аграриев, в том числе аграриев Украины, основной высокомаржинальной культурой является соя. Интерес к этой культуре не перестает расти, поскольку открываются все новые и новые возможности для ее реализации за рубежом, и особенно это касается такой страны-гиганта, как Китай – наибольшего импортера сои в мире. Удачно подобранный сорт составляет больше 50 % успеха в производстве. Важно определить и создать оптимальные условия для реализации потенциальной азотфиксирующей активности сои каждого сортотипа в конкретных почвенно-климатических условиях. При нормальных условиях выращивания одно растение сои способно сформировать в среднем от 20 до 85 клубеньков и больше. Полевые исследования по изучению формирования разными сортами сои симбиотической продуктивности и ее влияния на показатели урожайности проводили на опытном поле Винницкого национального аграрного университета на протяжении 2017-2018 годов. Экспериментальные исследования включали изучение азотфиксирующей способности сортов сои, исследованы и проанализированы количество и масса клубеньков на основе влияния отдельных элементов технологии выращивания культуры. Полученные результаты исследования подтвердили, что исследуемые эле-

менты технологии имеют влияние на формирование симбиотической продуктивности культур. Огромную роль в максимальной реализации генетического потенциала сортов сои играет технология выращивания и погодные условия. Но даже при нестабильности погодных условий в отдельные годы зернобобовые культуры на примере сои имеют научное обоснование эффективных технологий возделывания, что в будущем обеспечит повышение уровня культивирования сои. Наиболее актуальной проблемой современности является интенсификация процесса симбиотической азотфиксации. Одним из перспективных путей ее решения может быть увеличение доли симбиотического азота в почве при обеспечении высокоэффективного симбиоза бобовых культур с соответствующими видами клубеньковых бактерий [5].

Широкомасштабное применение экологически целесообразных технологий с использованием микробных препаратов азотфиксирующих микроорганизмов, уменьшение агрохимической нагрузки является важной перспективой получения высококачественной конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, сохранения плодородия почвы и окружающей среды [1].

Важнейшим параметром интенсивности фиксации атмосферного азота бобовыми культурами является количество клубеньков на корнях растений и их активность. Так, использование активных штаммов клубеньковых бактерий на нуте увеличивало их количество во всех вариантах. Лишь отдельные, не инокулированные растения нута образовывали единичные, очень большие клубеньки, которые, очевидно, попадали с семенами [8]. Оптимальные условия формирования азотфиксирующего симбиотического аппарата бобовых создаются при сочетании внесения удобрений и проведении инокуляции семян.

В условиях лесостепи Украины на серых лесных почвах интенсивность фиксации биологического азота атмосферы можно регулировать агротехническими приемами, в частности комплексным применением инокуляции. Отмечено, что уровень урожайности сои находится в прямой зависимости от количества биологически фиксированного азота. По результатам исследований Черной В. М. на вариантах, где отмечено максимальное накопление биологически фиксированного азота, в сортах сои КиВин – 112 кг/га, Княжна – 111 кг/га, Монада – 123 кг/га, отмечен и высокий уровень урожайности семян соответственно 2,13, 2,14, 2,39 т/га [9].

Анализируя результаты многолетних исследований научных работников (Господаренка Г. М., Дидоры В. Г.), можно утверждать, что соя – одна из основных зернобобовых культур, корневая система которой за период вегетации способна накапливать симбиотически фиксированный азот воздуха и оставлять его в почве. Изучение процесса формирования симбиотического аппарата сои показало, что на бедных ясно серых почвах Полесья количество и масса клубеньков растет начиная от фазы второго–третьего тройчатого листочка и достигая максимума в фазе полного цветения, а в период полного налива и созревания постепенно уменьшается [3, 4, 7, 8]. Симбиоз бобовых культур с клубеньковыми бактериями — одна из наиболее эффективных систем биологической азотфиксации, которая имеет большое экологическое и практическое значение [12]. В условиях Правобережной лесостепи Украины на черноземе оподзоленном проведение инокуляции семян нута препаратами азотфиксирующих бактерий должно быть обязательным агротехнологическим мероприятием [2]. Также доказано, что на серых лесных среднесуглинистых почвах лесостепи Украины бактериализация семян на основе штаммов *Bradyrhizobium japonicum* и *Enterobacter nimipressuralis* в сочетании с внекорневой подкормкой макро- и микроэлементами способствует улучшению фиксации биологического азота из атмосферы на 37,0–41,1 кг/га и увеличивает

уровень урожайности семян на 0,75-0,76 т/га. Обоснована прямая зависимость и сильные положительные связи между количеством биологически фиксированного азота и урожайностью семян сортов сои [6].

Одним из показателей активной фиксации воздуха бобовыми культурами является масса активных клубеньков и длительность их функционирования. Результаты исследований Черной В. М. подтверждена аналогичная зависимость с динамикой массы активных клубеньков и активным симбиотическим потенциалом [9].

Учеными из Соединенных Штатов Америки установлено, что снижение кислотности почвы с pH 4,7 до 6,1 более эффективно влияет на развитие корневой системы клевера лугового и способствует увеличению количества клубеньков на ней, нежели повышение содержания кальция с 170 до 680 мг на 1 кг почвы [10].

Среди ученых существуют различные взгляды относительно оптимального соотношения минерального и симбиотического азотного питания для эффективного симбиоза и максимального сбора урожая бобовых культур. Trichant J. C. и Rigaud J. наблюдали снижение количества и массы пузырьков даже при внесении небольших доз азота [13], а в ряде случаев минеральный азот приводил к более позднему образованию клубеньков и ухудшению качества белка [11].

Материалы и методы. Опытное поле Винницкого национального аграрного университета расположено на территории ботанического сада «Подолье». По характеристикам климатических условий, рельефа местности и распространения почв эта территория отнесена к центральной подзоне Правобережной Лесостепи, и находится она в ее северной подпровинции, в пределах Винницко-Немировского подрайона агропочвенного района Винницкой области. Согласно геоморфологическому районированию Украины, эта территория принадлежит к Приднепровской возвышенности – Винницкой денудационно-аккумулятивной волновой равнине и относится к суббореальному (умеренно теплomu) почвенно-географическому поясу в зоне лесостепи. По теплообеспечению и режиму атмосферного увлажнения Винницкий район относится к центральному агроклиматическому району.

Опытное поле представлено серыми лесными почвами, которые имеют легкий среднесуглинистый состав. Содержание гумуса в почве среднее (2,4 %).

Гидротермические условия в годы проведения исследований характеризовались определенными особенностями. Следует отметить, что в целом среднемесячные температуры воздуха и количество атмосферных осадков в течение вегетационного периода (апрель-сентябрь) были благоприятными для выращивания сои.

В течение вегетационного периода соя как в 2017 году, так и в 2018 была хорошо обеспечена теплом, по сравнению со среднемноголетними показателями. В период «посев - полные всходы» температура воздуха находилась в пределах 9,2-13,2 °С и была близка к среднемноголетним показателям, однако выпадение меньшего количества осадков привело к задержке появления всходов. Система удобрения предусматривала внесение фосфорных и калийных удобрений (суперфосфат простой гранулированный и 40% калийная соль) из расчета $P_{60}K_{60}$ кг/га д.в. под основную обработку почвы и азотных в форме аммиачной селитры (N_{30}) под предпосевную культивацию.

Проводили протравливание семян за 14 суток до посева протравителем Максим XL 035 FS (1 л/т семян). За день до посева проводили инокуляцию семян препаратом Оптимайз 200.

Посев сои проводили широкорядным способом в первой декаде мая сеялкой СУПН-6 при уровне термического режима 12 °С, с заделкой на глубину 3 см. Использовали различные по группам спелости сорта сои компании SAATBAU: Мерлин (100 дней) и Кент (120 дней) с рекомендуемыми нормами высева соответственно 650 и 550 тыс. шт./га. Сорта отличаются значительной и стабильной урожайностью и высоким качественным составом семян.

На соответствующих вариантах опыта вносили органо-минеральное удобрение Вуксал Микроплант с нормой 1,5 л/га. Данное удобрение рекомендуется для внекорневой подкормки культур, выращиваемых по интенсивной технологии. Исследования, учеты и наблюдения проводились согласно широко апробированным методикам в растениеводстве. Фенологические наблюдения за ростом и развитием сои проводили в соответствии с общепринятыми методиками, учитывая такие показатели, как общее количество и масса клубеньков, количество и масса активных клубеньков.

Результаты и обсуждение. Биологическая фиксация у разных видов бобовых культур на 30-80 % удовлетворяет общие потребности растения в азоте. Одновременно на активность симбиотической азотфиксации влияет ряд факторов, таких как почвенно-климатические условия, условия влагообеспеченности, вид и сорт культуры, минеральное питание и другие элементы технологии выращивания. Однако важнейшим из показателей, определяющих активность симбиоза и величину симбиотического аппарата, является количество и масса клубеньков.

Анализируя полученные результаты, которые представлены в таблице 1, следует отметить постепенное увеличение количества клубеньков на корнях сои в процессе роста и развития культуры по фазам вегетации растений исследуемых сортов.

Таблица 1 – Динамика нарастания количества клубеньков на корнях растений сои сортов Мерлин и Кент зависимо от внекорневых подкормок, шт./растение* (среднее за 2017-2018 гг.)

Table 1 – Dynamics of nodule growth on the roots of soybean varieties Merlin and Kent depending on foliar feeding, pcs. / plant* (average for 2017-2018)

Сорт / Variety	Внекорневые подкормки / Foliar feeds	Фазы роста и развития растений / Plant growth and development phases			
		3-ий тройничный Листок / 3rd trigeminal leaf	начало цветения / beginning of flowering	конец цветения / end of flowering	полный налив семян / full filling
Мерлин / Merlin	без подкормки / unsupported	21,1/14,9	29,1/25,1	41,7/38,6	30,8/20,2
	в фазу бутонизации / into the budding phase	21,6/15,5	32,0/28,1	44,2/40,9	33,4/24,0
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	21,4/15,3	31,0/27,0	43,1/39,9	32,1/22,0
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	21,8/15,9	32,7/28,9	45,1/41,8	34,4/25,4
Кент / Kent	без подкормки / unsupported	21,1/14,7	28,2/24,2	41,0/37,9	29,9/19,0
	в фазу бутонизации / into the budding phase	21,8/15,8	33,1/29,3	44,9/41,5	34,2/25,2
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	21,2/15,3	30,3/26,4	42,5/39,3	31,5/21,5
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean	22,3/16,8	36,3/32,7	48,0/44,4	37,4/29,9

	formation phase				
--	-----------------	--	--	--	--

*Примечание: в числителе – общее количество клубеньков, в знаменателе – количество активных клубеньков.

Наибольший показатель численности клубеньков был отмечен в конце фазы цветения сортов сои. В дальнейшем наблюдалось некоторое снижение их количества. Это можно объяснить началом интенсивного нарастания бобов, при котором пластические вещества, образующиеся в растениях, в основном поступают в генеративные органы.

Было установлено, что в фазе развития третьего тройничного листа численность клубеньков на корнях растений сои была почти одинаковой на всех вариантах исследований.

На растениях сои сорта Мерлин общее количество клубеньков на корнях составляло 21,1-21,8 шт./растение, в том числе из них активных – 14,9-15,9 шт./растение. Общее количество клубеньков на посевах сорта Кент за аналогичный период составляло 21,1-22,3 шт./растение, в том числе количество активных клубеньков находилось в пределах 14,7-16,8 шт./растение.

В начале фазы цветения сои сорта Мерлин общее количество клубеньков на корнях составляло 29,1-32,7 шт./растение, из них активных 25,1-28,9 шт./растение. При выращивании сои сорта Кент при аналогичных условиях в этой фазе общее количество клубеньков было на уровне 28,2-36,3 шт./растение, из которых активных было в пределах 24,2-32,7 шт./растение.

Наибольшие показатели количества клубеньков на корневой системе сортов сои были отмечены в конце фазы цветения. Так, для сорта Мерлин эти показатели находились в пределах 41,7-45,1 шт./растение, из них активных клубеньков было на уровне 38,6-41,8 шт./растение. Для сорта Кент общее количество клубеньков было на уровне 41,0-48,0 шт./растение, из них активных составляло 37,9-44,4 шт./растение.

В фазе полного налива семян наблюдалось снижение как общего количества клубеньков, так и количества активных клубеньков в сравнении с предыдущей фазой роста и развития сортов сои. Максимальное количество клубеньков было на варианте с двукратным внесением микроудобрений в фазах бутонизации и зеленых бобов. У сорта Мерлин общее количество клубеньков составляло 34,4 шт./растение, из них активных 25,4 шт./растение, тогда как у сорта Кент соответственно 37,4 и 29,9 шт./растение.

Анализируя и оценивая экспериментальные данные, мы отмечаем определенную разницу по массе общего количества клубеньков и массе активных клубеньков на корневой системе растений сои в течение периода вегетации (таблица 2).

На посевах сои сорта Мерлин на момент появления 3-го тройничного листа общая масса клубеньков составляла 192,1-198,1 мг/растение, из них масса активных клубеньков была в пределах 135,1-144,5 мг/растение. Общая масса клубеньков на корнях в посевах сои сорта Кент за этот же период составила 191,6-203,2 мг/растение, из которых 133,9-152,6 мг/растение была масса активных клубеньков.

В процессе роста и развития растений сои масса клубеньков увеличивалась. Высоких показателей она достигла к концу фазы цветения. В зависимости от схемы применения внекорневых подкормок общая масса клубеньков составляла 695,2-752,1 мг/растение у сорта Мерлин и 683,1-799,6 мг/растение – у сорта Кент. Масса активных клубеньков у растений сои сорта Мерлин при этом была в пределах 482,4-521,9 мг/растение, тогда как сорта Кент – 474,0-555,0 мг/растение.

В течение следующей фазы развития сои (полный налив семян) общая масса клубеньков сорта Мерлин уменьшилась до 439,8-491,0 мг/растение по сравнению с

предыдущей фазой, а сорта Кент – к 426,5-534,0 мг/растение. Масса активных клубеньков у сортов сои Мерлин и Кент составляла соответственно 224,9-281,9 и 210,7-331,8 мг/растение.

Таблица 2 – Динамика массы клубеньков на корнях растений сои сортов Мерлин и Кент в зависимости от внекорневых подкормок, шт./растение*
(среднее за 2017-2018 гг.)

Table 2 – Dynamics of nodule mass on the roots of soybean varieties Merlin and Kent depending on foliar feeding, pcs. (average for 2017-2018)

Сорт / Variety	Внекорневые Подкормки / Foliar feeds	Фазы роста и развития растений / Plant growth and development phases			
		3-й тройничный ли- сток / 3-rd trigeminal leaf	начало цветения / beginning of flowering	конец цветения / end of flowering	полный налив семян / full filling
Мерлин / Merlin	без подкормки / unsupported	192,1/135,1	364,3/314,4	695,2/482,4	439,8/224,9
	в фазу бутонизации/ into the budding phase	196,1/140,7	399,8/351,5	737,2/511,6	476,7/266,3
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean for- mation phase	194,8/138,9	386,9/337,9	718,9/498,8	459,0/244,0
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	198,1/144,5	408,6/361,6	752,1/521,9	491,0/281,9
Кент / Kent	без подкормки / unsupported	191,6/133,9	352,9/301,9	683,1/474,0	426,5/210,7
	в фазу бутонизации / into the budding phase	197,8/143,8	413,7/366,1	748,4/519,4	488,1/279,6
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean for- mation phase	192,4/138,8	379,0/329,8	708,6/491,7	450,0/238,4
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	203,2/152,6	453,5/408,7	799,6/555,0	534,0/331,8

*Примечание: в числителе – масса клубеньков, в знаменателе – масса активных клубеньков.

По результатам исследований можно утверждать, что на формирование симбиотического аппарата растений фитоценозов сои сортов Мерлин и Кент, а именно общее количество клубеньков, количество активных клубеньков и их массы на корневых системах сои, существенное влияние имели сортовые особенности культуры и внекорневые подкормки. Установлено, что лучшие условия для жизнедеятельности клубеньковых бактерий формируются при проведении двух внекорневых подкормок микроудобрениями Вуксал Микроплант.

Для более объективной оценки деятельности симбиотического аппарата сои были определены показатели общего (ОСП) и активного (АСП) симбиотического потенциалов. Данные показатели отражают массу клубеньков и продолжительность их деятельности. Определение показателей общего и активного симбиотического потенциа-

лов проводили в отдельные периоды роста и развития растений сои. Полученные результаты исследований показали, что их величина зависела от сортовых особенностей культуры и внекорневых подкормок (таблица 3).

В межфазный период «всходы – третий тройничный листок» показатель ОСП в сое сорта Мерлин составлял 1,12-1,91 тыс. кг/га, тогда как у сорта Кент – 1,15-1,90 тыс. кг/га. Показатели АСП посевов сои сорта Мерлин в этой фазе роста и развития составляли 0,82-1,34 тыс. кг/га, сорта Кент – 0,87-1,33 тыс. кг/га.

Таблица 3 – Формирование общего и активного симбиотического потенциалов посевов сои, тыс. кг/га* (среднее за 2017-2018 гг.)

Table 3 – Formation of total and active symbiotic potential of soybean crops, thousand kg/ha* (average for 2017-2018)

Сорт / Variety	Внекорневые подкормки / Foliar feeds	Фаза развития / Development phase			
		полные всходы – 3-й тройничный листок / full sprouts-third threefold leaf	3-й тройничный листок – начало цветения / 3-rd trigeminal leaf - beginning of flowering	начало цветения – конец цветения / Blossoming start – end of flowering	конец цветения – налив семян / the end of flowering is the seed pouring
Мерлин / Merlin	без подкормки / unsupported	1,12/0,82	2,03/1,70	6,02/3,40	8,73/3,88
	в фазу бутонизации / into the budding phase	1,66/1,18	2,92/2,40	8,61/4,84	12,40/5,38
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	1,39/1,00	2,49/2,06	7,37/4,16	10,65/4,69
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	1,91/1,34	3,25/2,63	9,63/5,38	13,93/5,97
Кент / Kent	без подкормки / unsupported	1,15/0,87	3,16/2,71	8,10/4,11	12,73/5,81
	в фазу бутонизации / into the budding phase	1,64/1,18	4,13/3,39	10,54/5,25	16,60/7,18
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	1,40/1,02	3,68/3,07	9,39/4,72	14,76/6,54
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	1,90/1,33	4,59/3,68	11,72/5,79	18,54/7,85

*Примечание: в числителе – ОСП, в знаменателе – АСП

В межфазный период развития сои «3-й тройничный листок – начало цветения» было отмечено повышение показателей ОСП и АСП посевов обоих исследуемых сортов. При этом показатель ОСП в сое сорта Мерлин составлял 2,03-3,25 тыс. кг/га, тогда как у сорта Кент этот показатель был на уровне 3,16-4,59 тыс. кг/га. Показатели АСП посевов сои сорта Мерлин за этот период составили 1,70-2,63 тыс. кг/га, сорта Кент – 2,71-3,68 тыс. кг/га. В течение периода «начало цветения – конец цветения» показатели общего и активного симбиотического потенциалов посевов обоих исследуемых сортов сои возрастали. При выращивании сои сорта Мерлин показатели ОСП, в зависимости от схемы внекорневых подкормок в течение этого периода, составляли 6,02-9,63 тыс.

кг/га, тогда как показатели АСП были в пределах 3,40-5,38 тыс. кг/га. При выращивании сои сорта Кент показатели ОСП в период «начало цветения – конец цветения» составляли 8,10-11,72 тыс. кг/га, тогда как данные АСП составляли 4,11-5,79 тыс. кг/га.

Наиболее благоприятным и продуктивным для формирования ОСП и АСП в годы проведения исследований был период от окончания цветения до состояния полного налива семян сои. При выращивании сортов сои с проведением двух внекорневых подкормок Вуксалом Микроплант в фазах бутонизации и зеленых бобов показатели ОСП и АСП посевов сорта Мерлин составили соответственно 13,93 и 5,97 тыс. кг/га, тогда как у сорта Кен этот показатель был на уровне 18,54 и 7,85 тыс. кг/га.

В наших исследованиях определение количества симбиотически фиксированного азота проводили по величине активного симбиотического потенциала и удельной активностью симбиоза (УАС). Удельная активность симбиоза – это такое количество азота воздуха, которое фиксируется одним килограммом клубеньков в сутки.

В среднем за годы исследований (2017-2018 гг.) удельная активность симбиоза в сое сортов Мерлин и Кент, соответственно, составила 7,4 и 7,2 г азота на 1 кг сырой массы активных клубеньков в сутки (таблица 4).

Установлено, что выращивание сои сорта Мерлин без применения внекорневых подкормок способствует показателям азотфиксации в пределах 72,52 кг/га.

На вариантах, где проводили подкормку в фазе бутонизации, количество биологически фиксированного азота составило 102,12 кг/га для сорта Мерлин, тогда как подкормка в фазе зеленых бобов способствовала накоплению азота на уровне 88,13 кг/га.

Двукратное применение микроудобрения Вуксал Микроплант в фазах бутонизации и зеленых бобов способствовало накоплению количества биологически фиксированного азота на данном варианте 113,37 кг/га.

Таблица 4 – Формирование показателей биологически фиксированного азота
(среднее за 2017-2018 гг.)

Table 4 – Formation of biologically fixed nitrogen indicators (average for 2017-2018)

Сорт / Variety	Внекорневые подкормки / Foliar feeds	Активный симбиотический потенциал тыс. кг/га/ Active symbiotic potential thousand kg/ha	Удельная активность симбиоза, г/кг/ Specific symbiosis activity, g/kg	Количество биологически фиксированного азота, кг/га/Amount of biologically fixed nitrogen, kg/ha
Мерлин / Merlin	без подкормки / unsupported	9,8	7,4	72,52
	в фазе бутонизации / budding phase	13,8	7,4	102,12
	в фазе образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	11,91	7,4	88,13
	в фазе бутонизации + в фазе образова- ния зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	15,32	7,4	113,37
Кент / Kent	без подкормки / unsupported	13,50	7,2	97,20
	в фазе бутонизации / budding phase	17,00	7,2	122,40
	в фазе образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	15,35	7,2	110,52

	в фазе бутонизации + в фазе образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	18,65	7,2	134,28
--	---	-------	-----	--------

Выводы. Проанализировав полученные результаты проведенных исследований, мы установили, что выращивание сои сорта Кент на варианте без применения внекорневых подкормок обеспечило накопление 97,20 кг/га биологически фиксированного азота. Однократное применение микроудобрения в фазе бутонизации или в фазе зеленых бобов обеспечило фиксацию 122,40 и 110,52 кг/га азота соответственно. На вариантах, где было сочетание внекорневых подкормок при выращивании сои сорта Кент, получили наибольшее количество биологически фиксированного азота, а именно 134,28 кг/га, что позволяет в значительной степени использовать его в процессе формирования семенной продуктивности. Максимальное значение количества клубеньков и их массы было достигнуто в конце фазы цветения сои. При наступлении дальнейших фаз отмечалось некоторое снижение их количества, что можно объяснить интенсивным формированием бобов, при котором пластические вещества, образующиеся в растениях, в основном поступают в генеративные органы.

Библиографический список

1. Біологічний азот у системі землеробства / В. П. Патика, Т. Т. Гнатюк, Н. М. Булеца, Л. В. Кириленко // Землеробство. 2015. № 2. С. 12-20.
2. Господаренко Г. М., Прокопчук С. В. Формування симбіотичного апарату та врожай нуту залежно від мінерального живлення та інокуляції насіння // Агробіологія. 2013. № 11 (104). С. 158-160.
3. Дідора В. Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення // Наукові горизонти. 2018. № 1 (64). С. 23-28.
4. Миколаєвський В. П., Сергієнко В. Г., Титова Л. В. Вплив інокулянтів на формування симбіотичних систем, розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів // Мікробіологія і біотехнологія. 2016. № 3. С. 57-68.
5. Первачук М. В., Врадій О.І. Симбіотична фіксація азоту та роль мікроорганізмів в ґрунтоутворенні // Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2015. №1. С. 102-113.
6. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Темрієнко О. О. Особливості симбіотрофного живлення та формування урожайності сортів сої в умовах Лісостепу Правобережного // Корми і кормо виробництво. 2018. Вип.86. С.77-86.
7. Симбіотична азотфіксація та врожай / Г. М. Господаренко, В. І. Невлад, І. В. Прокопчук, С. В. Прокопчук / За заг. ред. Г.М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М.М.». 2017. 324с.
8. Туріна О. Л., Турін Є. М. Ефективність нітрагінізації нуту в умовах степового Криму // Вісник аграрної науки. 2012. № 6. С. 26–28.
9. Чорна В. М. Симбіотична та насіннева продуктивність сої залежно від інокуляції та морфорегулятора в умовах лісостепу правобережного // Збірник наукових праць. ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2016. №3. С. 113-123.
10. Brauer D., Ritchey D., Belesky D. Effects of Lime and Calcium on Root Development and Nodulation of Clovers // Crop Science. 2002. Vol. 42. P. 1640 – 1646.
11. The acetylene – ethylene assay for N₂ – Fixation: laboratory and field evaluation / R. W. F. Hardy, R. D. Holsten, E. K. Jackson, R. C. Burns // Plant Physiol. 1968. Vol. 2. P. 481–487.
12. The effect of fertilizer system on soybean productivity in conditions of right bank forest-steppe / Didur I. M., Tsyhanskyi V. I., Tsyhanska O.I., et all // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9(1). P. 76-80.
13. Trinchant J., Rigaud J. Nitrite inhibition of nitrogenase from soybean bacteroids // Arch. Microbiol. 1980. Vol. 124. № 1. P. 49–54.

Conclusion. Analyzing the results of the study it was found that the cultivation of soybean varieties of Kent in the variant without the use of foliar supplements provided the accumulation of 97.20 kg/ha biologically fixed nitrogen. Single application of microfertilizer

in the phase of budding or in the phase of green beans ensured the fixation of 122,40 and 110,52 kg / ha of nitrogen, respectively. In the variants where there was a combination of foliar supplements, growing soybean varieties of Kent allowed to get the largest amount of biologically fixed nitrogen, namely 134.28 kg/ha, which allows to use it to a large extent to form seed productivity. The maximum number and mass of tubers was reached at the end of the soybean flowering phase. At the onset of further phases there was some decrease in their quantity, which can be explained by the intensive formation of beans, in which the plastic substances formed in plants, mainly enter the generative organs.

References

1. Biological nitrogen in the system of agriculture / V. P. Patika, T. T. Hnatyuk, N. M. Buletsa, L. V. Kirilenko // Agriculture. 2015. № 2. P. 12-20.
2. Hostenko G. M., Prokopchuk S. V. Formation of symbiotic apparatus and chickpea yield depending on mineral nutrition and seed inoculation // Agrobiology. 2013. № 11 (104). P. 158-160.
3. Didor V. G. Symbiotic productivity of soybean depending on seed inoculation and fertilizer // Scientific horizons. 2018. № 1 (64). P. 23-28.
4. Nikolaevsky V. P., Sergienko V. G., Titova L. V. Influence of inoculants on the formation of symbiotic systems, development of diseases and productivity of soybeans of different varieties // Microbiology and biotechnology. 2016. № 3. P. 57-68.
5. Pervachuk M.V., Vradiy O. I. Symbiotic fixation of nitrogen and the role of microorganisms in soil formation // Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and forestry. 2015. №1. P. 102-113.
6. Petrichenko V. F., Kobak S. Y., Temrienko O. O. Features of symbiotrophic nutrition and yield formation of soybean varieties in the conditions of the Right-bank Forest Steppe // Feeds and forage production. 2018. Issue 88. P.77-86.
7. Symbiotic nitrogen fixation and harvest / G. M. Gospodarenko, V. I. Nevlad, I. V. Prokopchuk, S. V. Prokopchuk / For the head. ed. AHEM. Mistress. Uman: Publisher Sochinsky M.M. 2017. 324 p.
8. Turina A. L., Turin E. M. Effectiveness of chickpea nitrogenization in the conditions of the steppe Crimea // Bulletin of agrarian science. 2012. № 6. P. 26–28.
9. Chorna V. M. Symbiotic and seminal productivity of soybean depending on inoculation and morpho-regulator in the conditions of the forest-steppe right-bank // Collection of scientific papers. VNAU. Agriculture and forestry. 2016. №3. P. 113-123.
10. Brauer D., Ritchey D., Belesky D. Effects of Lime and Calcium on Root Development and Nodulation of Clovers // Crop Science. 2002. Vol. 42. P. 1640 – 1646.
11. The acetylene – ethylene assay for N₂ – Fixation: laboratory and field evaluation / R. W. F. Hardy, R. D. Holsten, E. K. Jackson, R. C. Burns // Plant Physiol. 1968. Vol. 2. P. 481–487.
12. The effect of the fertilizer system on soybean productivity in the conditions of the right bank forest-steppe / Didur I. M, Tsyhanskyi V. I., Tsyhanska O. I. et all // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. No. 9 (1). P. 76-80.
13. Trinchant J., Rigaud J. Nitrite inhibition of nitrogenase from soybean bacteroids // Arch. Microbiol. 1980. Vol. 124, № 1. P. 49–54.

Authors information

Zabarna Tetyana Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Ukraine, Vinnytsia, 3 Solnechnaya St.), **E-mail** zabarna-tanja@ukr.net . Link at <https://orcid.org/0000-0002-6796-7625> .

Pelekh Lyudmila Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry of Vinnytsia National Agrarian University. (21008, Ukraine, Vinnytsia, 3/2 Solnechnaya St.), **E-mail**: gogoluda69@gmail.com . Link at <https://orcid.org/0000-0003-0967-2121> .

Информация об авторах

Забарна Татьяна Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии Винницкого национального аграрного университета (21008, Украина, г. Винница, ул. Солнечная 3), **E-mail** zabarna-tanja@ukr.net. Ссылка на сайте

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 1 (57), 2020

<https://orcid.org/0000-0002-6796-7625>

Пелех Людмила Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии ВНАУ. (21008, Украина, г. Винница, ул. Солнечная 3/2), **E-mail:** gogoluda69@gmail.com. Ссылка на сайте <https://orcid.org/0000-0003-0967-2121>