

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT**Общее земледелие и растениеводство****General Farming and Crop Production**

Научная статья

УДК 633.853.52:631.524.84

doi: 10.55196/2411-3492-2023-1-39-25-30

**Сортовая специфичность сои при формировании элементов
продуктивности и урожая в условиях степной зоны****Диана Борисовна Князева¹, Борис Музакирович Князев^{✉2}**Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030^{✉2}konf07@mail.ru

Аннотация. В статье проанализированы результаты исследований по вопросам формирования фотосинтетического и симбиотического аппаратов и их деятельности в повышении продуктивности растений сои в зоне недостаточного увлажнения Кабардино-Балкарии, проведенные в 2020-2022 годы. Цель исследований – изучить влияние инокуляции семян на показатели фотосинтетической и симбиотической деятельности в период вегетации растений сои. Отмечено, что перспективные сорта сои Селекта 302, Олимпия, Вилана и Шама, выращенные в одинаковых почвенно-климатических условиях, имеют разные показатели по всем элементам продуктивности. Выявлены лучшие сорта, характеризующиеся высокими показателями фотосинтетической и симбиотической деятельности, которые, в свою очередь, способствуют повышению продуктивности сои. Сорта сои Селекта 302 и Олимпия характеризуются максимальными значениями (31,9-31,8 тыс. м²/га и 3,2-3,1 г/м² в сутки соответственно) по показателям: площадь листьев и чистая продуктивность фотосинтеза. У растений сои сорта Вилана и Шама они были ниже и составляли 30,3-30,0 тыс. м²/га и 2,8-2,6 г/м² в сутки соответственно. Накопление сухого вещества в органах растений также более эффективно проходило у сортов сои Олимпия и Селекта 302, составляя более 4,5 т/га. Симбиотический аппарат этих сортов также характеризовался более высокими показателями. Масса активных клубеньков и фиксированный азот воздуха были больше на 5-8%, чем у других сортов. Обоснованы основные параметры, обеспечивающие повышение показателей структуры урожая. Масса семян одного растения сорта Селекта 302 составила около 8 граммов. За счет эффективной деятельности фотосинтетического и симбиотического аппаратов сорта сои Олимпия и Селекта 302 сформировали более высокий урожай семян (1,88 и 1,94 т/га), чем сорта сои Вилана и Шама (1,71 и 1,67 т/га). Содержание белка в семенах находится на уровне 41-42%, то есть большой разницы между сортами не наблюдалось.

Ключевые слова: соя, фотосинтез, симбиоз, клубеньки, биологический азот, урожайность, качество

Для цитирования. Князева Д. Б., Князев Б. М. Сортовая специфичность сои при формировании элементов продуктивности и урожая в условиях степной зоны // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 1(39). С. 25–30.

doi: 10.55196/2411-3492-2023-1-39-25-30

Original article

Varietal specificity of soybeans in the formation of productivity and yield elements in the conditions of the steppe zone

Diana B. Knyazeva¹, Boris M. Knyazev^{✉2}

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030

^{✉2}konf07@mail.ru

Abstract. The article analyzes the results of studies on the formation of photosynthetic and symbiotic apparatuses and their activities in increasing the productivity of soybean plants in the zone of insufficient moisture in Kabardino-Balkaria, carried out in 2020-2022. The purpose of the research is to study the effect of seed inoculation on the indicators of photosynthetic and symbiotic activity during the growing season of soybean plants. It was noted that promising soybean varieties Selecta 302, Olimpia, Vilana and Shama, grown in the same soil and climatic conditions, have different indicators for all elements of productivity. The best varieties were identified, characterized by high rates of photosynthetic and symbiotic activity, which, in turn, contribute to an increase in soybean productivity. Soybean varieties Selecta 302 and Olympia are characterized with maximum values (31.9-31.8 thousand m²/ha and 3.2-3.1 g/m² per day, respectively) in terms of leaf area and net productivity of photosynthesis. Soybean varieties showed indicators lower and amounted Vilana and Shama, these were to 30.3-30.0 thousand m²/ha and 2.8-2.6 g/m² per day, respectively. The accumulation of dry matter in plant organs was also more efficient in soybean varieties Olympia and Selecta 302, amounting to more than 4.5 t/ha. The symbiotic apparatus of these varieties was also characterized for the better indicators. The mass of active nodules and fixed air nitrogen were 5-8% higher than in other varieties. The main parameters that provide an increase in the yield structure indicators are substantiated. The mass of seeds of one plant of the variety Selecta 302 was about 8 grams. Due to the effective activity of the photosynthetic and symbiotic apparatus, the soybean varieties Olimpiya and Selecta 302 formed a higher seed yield (1.88 and 1.94 t/ha) than the soybean varieties Vilana and Shama (1.71 and 1.67 t/ha). The protein content in the seeds is at the level of 41-42%, that means, there hasn't been big difference between the varieties.

Keywords: soy, photosynthesis, symbiosis, nodules, biological nitrogen, yield, quality

For citation. Knyazeva D.B., Knyazev B.M. Varietal specificity of soybeans in the formation of productivity and yield elements in the conditions of the steppe zone. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;1(39):25–30. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-1-39-25-30

Введение. Проблема создания биологического азота была и остается актуальной. Она связана с тем, что при обеспечении растений биологическим азотом существенно снижаются затраты на производство единицы продукции за счет экономии минерального азота, стоимость которого с каждым годом возрастает [1].

Механизм формирования урожая сельскохозяйственных культур можно рассматривать с разных точек зрения. В частности, зависимость урожая от динамики развития целого растения, отдельных его органов или влияние факторов внешней среды. Все эти направления в определенных условиях играют свою

роль. Сюда можно отнести и механизм формирования урожая с точки зрения фотосинтетической продуктивности растений [2, 3].

Ассимиляция растениями углекислоты из воздуха представляет собой основной процесс, который при формировании урожая играет решающую роль. Все остальные факторы – прямые и косвенные, внешние и внутренние, незначительные и определяющие – должны оказывать воздействие через изменения в интенсивности формирования урожая, транспорта, распределения и использования ассимилятов.

Формирование нового органического вещества посевами культурных растений определяется тремя процессами:

- поглощение энергии солнечных лучей посевами;

- эффективное использование поглощенной энергии для формирования сухого вещества в растениях;

- передвижение, распределение и накопление продуктов ассимиляции.

Энергия солнечных лучей поглощается всеми органами растений, причем в большей степени пластинками листьев. Индекс листовой поверхности (ИЛП) показывает способность посевов поглощать солнечную энергию. От него зависят показатели чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) и накопление сухих веществ в органах растений [3, 4].

Немаловажное значение в повышении продуктивности бобовых культур имеет симбиоз растений и клубеньковых бактерий [5]. В оптимальных условиях выращивания сои, когда влажность и температура почвы, ее кислотность (рН) соответствуют нормальному формированию симбиотического аппарата и повышению его эффективности, можно получить высокие урожаи семян сои. Каждый гектаром посева сои в оптимальных условиях растения фиксируют азот атмосферы в пределах 60-80-100 кг/га, то есть растения сами могут удовлетворять потребность в азотном питании [6, 7].

Исходя из вышеизложенного, перед нами была поставлена цель – изучить влияние инокуляции семян на показатели фотосинтетической и симбиотической деятельности в период вегетации растений сои, от которых зависит величина будущего урожая.

В задачи исследований входило:

1. Изучить влияние условий произрастания сои на формирование фотосинтетического и симбиотического аппаратов.

2. Выявить лучшие сорта сои, характеризующиеся высокими показателями фотосинтетической и симбиотической деятельности растений.

Материалы, методы и объекты исследования. Для решения поставленных задач были использованы как объекты исследования четыре сорта сои – Вилана, Олимпия, Селекта 302 и Шама. Опыты проводили в условиях ООО «Отбор» в Прохладненском районе (степная зона). Инокуляцию семян перед посевом проводили штаммом ризобий 634 (Ризотрофин), после уборки предшест-

венника (озимая пшеница) перед вспашкой внесли в почву двойной суперфосфат из расчета 90 кг д.в. на гектар, так как почва – обыкновенный чернозем, в условиях опыта характеризуется низким содержанием фосфора, а калия – высоким.

Посев производили в конце апреля широкорядным способом (45 см) из расчета 360 тыс. на гектар, повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. В течение вегетации растений проводили фенологические наблюдения и анализы. Определяли фотосинтетическую деятельность по методу А. А. Ничипоровича, симбиотическую – по методу Г. С. Посыпанова.

Предпосевную обработку семян сои ризотрофином (эффективный бактериальный препарат) проводили в теневых условиях в день посева, норма ризотрофина (сыпучий порошок) 200 г на гектарную норму семян. Необходимое количество препарата в день посева разводили в чистой воде из расчета 10 л воды на одну тонну семян.

При определении фотосинтетической деятельности растений сои учитывали площадь листовой поверхности и чистую продуктивность фотосинтеза, а симбиотической деятельности – массу активных клубеньков и фиксированный азот воздуха одного гектара. Полученные данные в результате экспериментальных исследований подвергли математической обработке по Б. Доспехову [8].

Результаты исследования. Коэффициент эффективности использования энергии падающих солнечных лучей на растения при фотосинтезе, то есть процесс создания урожая – это показатель, включающий данные об эффективности солнечной энергии в период роста и развития растений. Основными показателями, определяющими эффективность фотосинтетической деятельности, являются площадь листьев, ЧПФ и накопление сухого вещества [3, 9]. С учетом особенностей каждого сорта сои, формирование листьев, бобов и семян, а также масса семян одного растения и масса тысячи семян выражены разными показателями.

Чтобы реализовать потенциальную продуктивность сои, необходимо создать растениям оптимальные условия в течение всей вегетации. Если эти условия не соблюдены, особенно для зоны недостаточного увлажне-

ния, то недобор семян может составить не менее 10-15%. К основным причинам такого снижения урожая относятся: потери в процессе формирования элементов продуктивности; недостаточное использование посевом фотосинтетически активной радиации в течение вегетации; отсутствие количественной и временной корреляции в использовании радиации и внешних факторов (влаги, питательных веществ и приемов технологии); недостаточное формирование активных клубеньков на корнях растений, низкий уровень фиксации азота воздуха.

В настоящее время необходимо также учитывать, что посевы сельскохозяйственных культур не только получают солнечную

энергию, но и расходуют ее. Соотношение между энергией, затраченной в процессе создания урожая и полученной в результате формирования урожая (семена), составляет в среднем один к пяти. Следовательно, соя с энергетической точки зрения – это перспективная культура, и в будущем ее способность накапливать энергию надо развивать путем совершенствования и внедрения в производство новых сортов.

Исследования, проведенные с четырьмя сортами сои в зоне недостаточного увлажнения, показали, что фотосинтетическая и симбиотическая деятельность растений этих сортов характеризуется по-разному (табл. 1).

Таблица 1. Влияние сортовых особенностей сои на формирование симбиотического и фотосинтетического аппаратов и их деятельности (2020-2022 гг.)

Table 1. Influence of varietal characteristics of soybean on the formation symbiotic and photosynthetic apparatuses and their activities (2020-2022)

Сорта сои	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ЧПФ, г/м ² в сутки	Сухие вещества, т/га	Масса актив. клубеньков, кг/га	Фиксированный азот воздуха, кг/га	Масса зерна, г/раст.	Урожайность, т/га	Содержание белка, %
Вилана	30,3	2,8	4,1	60,3	47,8	6,3	1,71	41
Олимпия	31,8	3,1	4,6	63,4	50,1	7,5	1,88	42
Селекта 302	31,9	3,2	4,8	63,7	50,4	7,8	1,94	42
Шама	30,0	2,6	4,3	59,8	46,1	6,1	1,67	41
НСР ₀₅	-	-	-	-	-	-	0,18	-

Данные таблицы показывают, что показатели фотосинтетической и симбиотической деятельности изучаемых сортов характеризуются по-разному. Сорта Олимпия и Селекта 302 выделяются в лучшую сторону относительно других сортов сои. Площадь листьев, чистая продуктивность фотосинтеза и накопление сухого вещества характеризуются более высокими показателями. Площадь листьев и чистая продуктивность фотосинтеза этих сортов равны, соответственно, 31,8-31,9 тыс. м²/га и 3,1-3,2 г/м² в сутки, а у сортов Вилана и Шама – 30,3-30,0 тыс. м²/га и 2,8-2,6 г/м² в сутки соответственно. Накопление сухого вещества в органах растения также более эффективно проходило у сортов сои Олимпия и Селекта 302, составляя более 4,5 т/га.

Для сои, как бобовой культуры, очень важно прохождение симбиотического процесса в период вегетации растений. Формирование клубеньков на корнях растений началось в основном ближе к 20 дню после всходов. Анализы показали, что наибольшее количество клубеньков зафиксировано в фазе налива семян. Масса активных клубеньков в этот период составила 63,4-63,7 кг/га (сорта Олимпия и Селекта 302). Фиксированный азот воздуха у этих сортов составил более 50 кг/га. Следует отметить, что в годы при лучшей влагообеспеченности почвы эти сорта имели более высокие показатели. Это подтверждает то, что для формирования симбиотического аппарата и повышения его деятельности определяющую роль играет влажность почвы.

Продуктивность сои зависит от массы семян одного растения и количества растений на единицу площади. Результаты наших исследований показали, что растения сорта Олимпия и Селекта 302 формируют семена массой 7,5-7,8 г, а другие сорта – 6,1-6,3 г. Естественно, что величина урожая семян этих сортов выше и составляет 1,88-1,94 т/га, остальные сорта – в пределах 1,67-1,71 т/га. Содержание белка в семенах находится на уровне 41-42%, то есть большой разницы между сортами не наблюдалось.

Выводы. В условиях степной зоны (зона недостаточного увлажнения) наиболее адаптированными являются сорта Олимпия и Селекта 302, которые формируют высокие урожаи за счет эффективной деятельности фотосинтетического и симбиотического аппаратов. Формирование активных клубеньков на корнях растений обеспечивало фиксацию азота атмосферы до 50 кг на гектар, тем самым растения переходили в симбиотрофный тип питания азотом, сэкономив 60-80 кг минерального азота, что способствует существенному снижению себестоимости производства семян сои.

Список литературы

1. Русаков В. В., Синеговская В. Т. Биологический азот и его роль в формировании урожая семян сои // Интенсификация земледелия и растениеводства Дальнего Востока. Новосибирск, 1988. С. 60–66.
2. Князева Д. Б., Князев Б. М. Симбиотическая активность и продуктивность сои в зависимости от применения фосфорных удобрений // Труды Кубанского ГАУ. 2021. № 93. С. 127–130.
3. Ничипорович А. А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений. Москва: АНССР, 1983. С. 35–40.
4. Князева Д. Б., Князев Б. М. Эффективность применения регуляторов роста растений на посевах сои в зоне недостаточного увлажнения // Труды Кубанского ГАУ. 2020. № 86. С. 59–63.
5. Фарниев А. Т. Азотфиксация и белковая продуктивность бобовых культур в РСО-Алания // Биологический азот: сборник научных статей / под ред. Г. С. Посыпанова. Москва, 2006. С. 61–67.
6. Посыпанов Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка: монография. Москва: Инфра-М, 2015. 251 с.
7. Князев Б. М., Князева Д. Б. Источники азота в период формирования бобов и семян // Труды Кубанского ГАУ, 2021. № 90. С. 59–63.
8. Доспехов Б. М. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1985. С. 200–350.
9. Барчукова И. П., Чернышова Н. В., Туриченко А. Н. Влияние препарата Мелофен на ростовые процессы и фотосинтетическую деятельность растений сои // Труды Кубанского ГАУ. 2016. № 62. С. 61–67.

References

1. Rusakov V.V., Sinegovskaya V.T. *Biologicheskii azot i yego rol' v formirovanii urozhaya semyan soi* [Biological nitrogen and its role in the formation of soybean seed yield]. *Intensifikatsiya zemledeliya i rasteniyevodstva Dal'nego Vostoka* [Intensification of agriculture and plant growing of the Far East]. Novosibirsk, 1988. Pp. 60–66. (In Russ.)
2. Knyazeva D.B., Knyazev B.M. Symbiotic activity and productivity of soybeans depending on the use of phosphorus fertilizers. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. 2021;(93):127–130. (In Russ.)
3. Nichiporovich A.A. *O putyah povysheniya produktivnosti fotosinteza rastenij* [On ways to increase the productivity of plant photosynthesis]. Moscow: AN SSSR, 1983. Pp. 50–90. (In Russ.)
4. Knyazev B.M., Knyazeva D.B. Efficiency of using plant growth regulators on soybean crops in the zone of insufficient humidification of Kabardino-Balkaria. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. 2020;(86):59–63. (In Russ.)
5. Farniev A.T. Nitrogen fixation and protein productivity of legumes in North Ossetia-Alania. *Biologicheskii azot* [Biological nitrogen]: *sbornik nauchnykh statey*. Ed. G.S. Posypanov. Moscow, 2006. Pp. 61–67. (In Russ.)
6. Posypanov G.S. *Biologicheskii azot. Problemy ekologii i rastitel'nogo belkabiological nitrogen* [Problems of ecology and vegetable protein]: monograph. Moscow: Infra-M, 2015. 251 p.

7. Knyazev B.M., Knyazeva D.B. Sources of nitrogen during the formation of soybeans and seeds. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. 2021;(90):59–63. (In Russ.)

8. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opy`ta* [Methods of field experience]. Moscow: Kolos, 1985. 350 p. (In Russ.)

9. Barchukova A.Ya., Chernisheva N.V., Turichenco A.N. Melaphen preparation influence on growth processes and soya photosynthesis. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. 2016;5(62):61–67. (In Russ.)

Сведения об авторах

Князева Диана Борисовна – аспирант агрономического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Князев Борис Музакирович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», Author ID: 759117

Information about the authors

Diana B. Knyazeva – Postgraduate student of the Faculty of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Boris M. Knyazev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Author ID: 759117

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

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.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 02.02.2023;
одобрена после рецензирования 20.02.2023;
принята к публикации 16.03.2023.*

*The article was submitted 02.02.2023;
approved after reviewing 20.02.2023;
accepted for publication 16.03.2023.*