

ФОРМИРОВАНИЕ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СОИ РАЗНЫХ АГРОЭКОТИПОВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А.И. КАТЮК, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: samniish@mail.ru,
ORCID ID 0000-0002-2630-8981

С.Н. ШЕВЧЕНКО, академик РАН, E-mail: samniish@mail.ru

К.А. БУЛАТОВА, научный сотрудник, E-mail: samniish@mail.ru

САМАРСКИЙ НИИСХ ИМЕНИ Н.М. ТУЛАЙКОВА - ФИЛИАЛ САМАРСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РАН

Аннотация. Исследование проводили с целью повышения и стабилизации семенной продуктивности при создании сортов сои Поволжского агроэкоотипа. Объектами исследований были скороспелые сорта сои разного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР и селекционных учреждений РФ, изученных в 2016-2018 гг. Опытный участок расположен в Самарской области на черноземе обыкновенном среднесуглинистом. У коллекционных сортов сои изучали особенности формирования массы семян, количества бобов, семян, семян в бобе и массы 1000 семян на плодущих узлах растения. Определяли изменчивость и взаимосвязь этих признаков для выявления важных из них при отборе высокопродуктивных генотипов. Установлено, что самыми продуктивными на растении были второй (0,50 г), третий (0,53 г) и четвертый (0,51 г) плодущие узлы, где формировалось 48% массы семян от общей массы семян с растения. Сорта очень скороспелой группы на втором, третьем и четвертом плодущих узлах формировали большую массу семян (0,52...0,55 г), чем сорта ранней группы спелости (0,44...0,49 г). Больше количество бобов (от 1,79 до 1,88 шт.) у изучаемых сортов формировалось на втором, третьем и четвертом плодущих узлах растения, а количество семян - на третьем (4,2 шт.) и четвертом (4,1 шт.) плодущих узлах растения. Количество семян в бобе было больше на третьем, четвертом и пятом плодущих узлах растения, где формировалось 2,21...2,24 шт. семян. Лучшие условия для формирования массы 1000 семян (129...135 г) складывались на первом, втором, третьем и четвертом плодущих узлах растения. Слабой изменчивостью характеризовались признаки: количество семян в бобе (3%), масса 1000 семян (7%). Масса семян плодущего узла была тесно связана с количеством семян (коэффициент корреляции 0,995), бобов (0,994), с массой 1000 семян (0,868) и с количеством семян в бобе (0,794) на плодущем узле растения.

Ключевые слова: соя, семенная продуктивность, плодущий узел, количество семян в бобе, масса 1000 семян, количество семян, количество бобов, коэффициент корреляции, коэффициент вариации, изменчивость.

Для цитирования: Катюк А.И., Шевченко С.Н., Булатова К.А. Формирование семенной продуктивности сортов сои разных агроэкоотипов в условиях Среднего Поволжья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 1(53):5-13. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-5-13

FORMATION OF SEED PRODUCTIVITY OF SOYBEAN VARIETIES OF DIFFERENT AGROECOTYPES IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

A.I. Katyuk, S.N. Shevchenko, K.A. Bulatova

FSBSI N.M. TULAYKOV SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – BRANCH
SamFRC RAS

Abstract: *The study was conducted with the aim of increasing and stabilizing seed productivity when creating soybean varieties of the Volga agroecotype. The objects of the research were early maturing soybean varieties of different ecological and geographical origins from the collection of VIR and breeding institutions of the Russian Federation, studied in 2016-2018. The experimental site is located in the Samara region on ordinary medium loamy chernozem. The characteristics of seed mass formation, the number of beans, seeds, seeds in a bean and the mass of 1000 seeds on the fruiting nodes of the plant were studied in collection varieties of soybeans. The variability and interrelation of these features were determined to identify the important ones when selecting highly productive genotypes. It was found that the most productive on the plant were the second (0.50 g), third (0.53 g) and fourth (0.51 g) fruiting nodes, where 48% of the seed mass of the total seed mass from the plant was formed. The varieties of the very early ripening group formed a larger mass of seeds (0.52...0.55 g) on the second, third and fourth fruiting nodes than the varieties of the early ripening group (0.44...0.49 g). A greater number of beans (from 1.79 to 1.88 pcs.) in the studied varieties were formed on the second, third and fourth fruiting nodes of the plant, and the number of seeds - on the third (4.2 pcs.) and fourth (4.1 pcs.) fruiting nodes of the plant. The number of seeds in a pod was greater in the third, fourth and fifth fruiting nodes of the plant, where 2.21...2.24 seeds were formed. The best conditions for the formation of a 1000-seed mass (129...135 g) were found on the first, second, third and fourth fruiting nodes of the plant. The following traits were characterized by low variability: the number of seeds in a pod (3%), the mass of 1000 seeds (7%). The seed mass of the fruiting node was closely related to the number of seeds (correlation coefficient 0.995), pods (0.994), 1000-seed mass (0.868) and the number of seeds per pod (0.794) on the fruiting node of the plant.*

Keywords: soybean, seed productivity, fruiting node, number of seeds in a pod, weight of 1000 seeds, number of seeds, number of pods, correlation coefficient, variation coefficient, variability.

Важными компонентами урожайности зерна сои являются признаки семенной продуктивности: количество бобов, семян на растении, семян в бобе, масса семян. Уровень семенной продуктивности определяется генотипическими и средовыми факторами. Окружающая среда оказывает сильное влияние на компоненты семенной продуктивности, формирующиеся на плодущих узлах растения [1].

Попадая в стрессовые условия среды, соя может сбрасывать цветки и бобы на отдельных узлах растения. Семена, сформировавшиеся на одном растении, отличаются по морфологическим, физиологическим и биологическим признакам. Это может быть связано с неодинаковым действием на формирующиеся семена условий внешней среды, а также с неодинаковым обеспечением их питательными веществами [2].

По данным Н.Ю. Васильева наибольшее количество цветков и бобов формируется во втором ярусе растения и постепенно снижается к низу и вверх [3]. Нижний ярус растения затеняется, что ведет к опадению бобов, а верхнему ярусу растения не хватает ассимилятов из-за неполноценно развитых листьев.

Ф. Schwerz с соавторами установили, что вклад в формирование общего урожая больше у среднего и верхнего ярусов растения, из-за большего поглощения солнечной радиации этими ярусами [4]. Данные результаты согласуются с выводами ЛН. Moro Rosso [5]. Изучая продуктивность плодущих узлов сои разных морфотипов на главном стебле растения R. Parvej с соавторами установили, что высокая продуктивность растения у индетерминантных сортов получена на семи верхних узлах, а у детерминантных сортов сои – на втором, третьем, четвертом и седьмом узлах [6].

В исследованиях С. Wijewardana с соавторами бобы, расположенные в середине основного стебля, вносили значительный вклад в урожайность из-за их высокого коэффициента завязывания [1].

Как следует из обзора, изучению семенной продуктивности плодущих узлов как потенциальному источнику высоких урожаев у современных сортов сои посвящено много

работ, однако в условиях Среднего Поволжья таких исследований не проводилось. Поэтому результаты исследований являются актуальными.

Цель исследований – изучение особенностей формирования семенной продуктивности плодущих узлов сортов сои разных групп спелости.

Это позволит селекционным путем повысить и стабилизировать семенную продуктивность растения в изменяющихся условиях среды, а также внести изменения в практику отбора высокопродуктивных генотипов для условий Среднего Поволжья.

Условия, материалы и методы

Исследования проводили на опытных полях Самарского НИИСХ в 2016-2018 гг. Почва опытного участка чернозем обыкновенный, среднесуглинистый. Почвенное плодородие опытного участка характеризуется как малогумусное – 3,5...4,0 (по Тюрину). Почвенная среда нейтральная, рН солевой вытяжки 6,8. Содержание основных элементов питания в слое почвы 30 см. за годы опыта варьировало по легкогидролизуемому азоту (по Кьельдалю) от 71,7 до 130,2 мг/кг, по подвижным фосфатам от 228 до 340 мг/кг, по объёмному калию от 141 до 260 мг/кг. (по Чирикову).

Материалом для исследования служили скороспелые (продолжительность вегетации 87...100 дней) сорта сои разного эколого-географического происхождения отечественной и зарубежной селекции. Всего в исследовании изучали 80-100 сортов сои, из которых 70% поступило из ВИР, а оставшаяся часть от селекционных учреждений РФ. Агротехника в опыте общепринятая для сои в условиях Самарской области.

Сорта сои высевались сплошным рядовым способом с междурядьем 15 см. сеялкой СН 10Ц. Площадь делянки 3,6 м². Предшественник для сои – пар черный. Закладка опыта, необходимые учеты и наблюдения за ростом и развитием сои были проведены по Методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1985). Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel. Достоверность результатов оценивали при $p \leq 0.05$.

Климатические условия за годы исследований в условиях Самарской области (Средневолжский регион) характеризовались засушливостью, гидротермический коэффициент (ГТК) варьировал от 0,44 (2018 г.) до 0,50 (2016 г.). Среднесуточная температура воздуха за период вегетации сои варьировала от 18,9°С (2018 г.) до 22,4°С (2016 г.).

Результаты и обсуждение

Число узлов на растении – важный признак, тесно связанный с семенной продуктивностью растения. Продуктивными считаются те узлы, на которых не только завязались бобы, но и сформировались семена [7]. Количество плодущих узлов зависит от генотипа сорта и условий выращивания. В нашем опыте в условиях богары в среднем сорта формировали семь (2017) – девять (2016, 2018 гг.) плодущих узлов.

Изучение семенной продуктивности сортов сои скороспелого типа выявило различия ее формирования на разных плодущих узлах растения (табл. 1).

Таблица 1

Масса семян на плодущих узлах растения сои, г.

Год	Порядковый номер плодущего узла (счет снизу)									Средний и доверительный интервал, г
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2016	0,37	0,47	0,53	0,52	0,46	0,34	0,23	0,13	0,10	0,35±0,10
2017	0,41	0,52	0,53	0,51	0,38	0,26	0,16			0,40±0,10
2018	0,42	0,50	0,53	0,51	0,43	0,34	0,25	0,20	0,15	0,37±0,09

В 2016 году в среднем по сортам большая масса семян (от 0,46 до 0,53 г) формировалась на втором – пятом плодущих узлах растения, при средней массе семян плодущего узла растения 0,35±0,10 г. Доля массы семян высокопродуктивных узлов в общей массе семян растения (3,2 г) в этом году составила 62%.

В 2017 и в 2018 гг. высокопродуктивными были второй – четвертый плодущие узлы. В эти годы на обозначенных узлах формировалось от 0,50 до 0,53 г семян. Средняя масса семян плодущего узла растения в 2017 году в среднем по сортам составила $0,40 \pm 0,10$ г, а в 2018 – $0,37 \pm 0,09$ г. Вклад в общую семенную продуктивность растения высокопродуктивных узлов за эти годы составил 47 56%. Масса семян с растения в 2017 г. составила 2,8 г, а в 2018 г. - 3,3 г. В среднем за годы наблюдений у изучаемых сортов большая масса семян формировалась на втором (0,50 г), третьем (0,53 г) и четвертом (0,51 г) плодущих узлах растения, при средней массе семян плодущего узла растения - $0,35 \pm 0,08$ г, а ее доля на обозначенных плодущих узлах в общей массе семян растения (3,2 г) составила 48% (рис. 1).

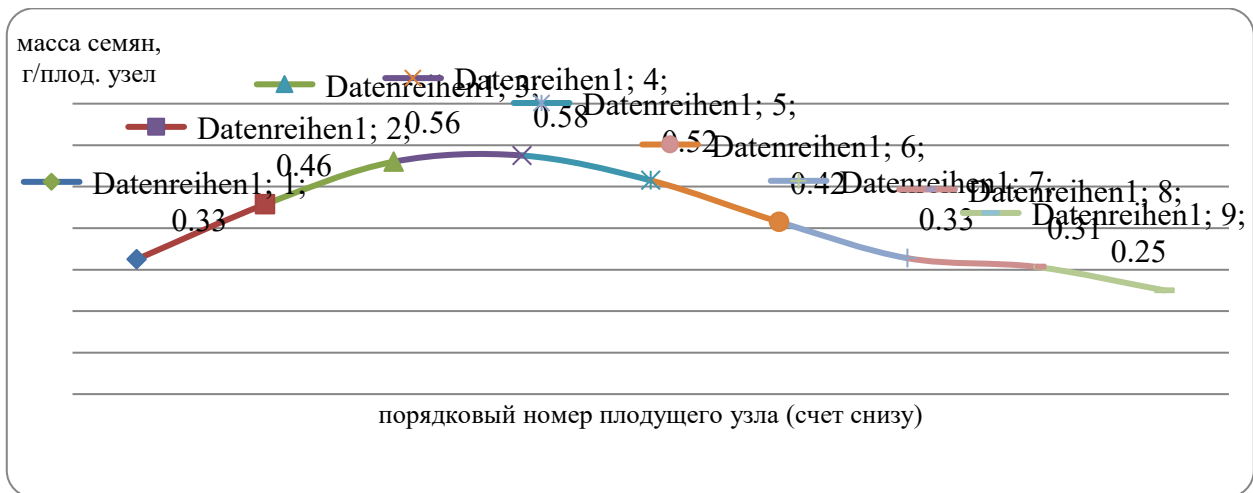


Рис. 1. Формирование массы семян на плодущих узлах растения сои. 2016-2018 гг.

Поскольку опытные сорта различались по продолжительности вегетации, было изучено формирование семенной продуктивности на разных плодущих узлах у сортов разных групп спелости. Некоторые сорта относились к очень ранней (продолжительность вегетации от 87 до 90 дней), другие к ранней (продолжительность вегетации от 95 до 110 дней) группам спелости. В среднем за годы изучения более продуктивными по массе семян были сорта очень ранней группы спелости. На самых продуктивных плодущих узлах (второй, третий, четвертый) этой группы формировалось от 0,52 до 0,55 г семян, тогда как у сортов ранней группы спелости на аналогичных высокопродуктивных узлах формировалось от 0,44 до 0,49 г семян. Среди коллекционных сортов лучшими по семенной продуктивности растения и плодущих узлов за годы наблюдений были: Самер 5, Аннушка, Оресса, Волма. На втором, третьем и четвертом плодущих узлах у перечисленных сортов формировалось от 0,50 до 0,75 г семян, а масса семян с растения у них была на уровне 3,4 - 4,8 г. В пересчете на урожай зерна с гектара – 20,4-28,8 ц.

Масса семян плодущего узла определяется количеством семян на плодущем узле и их крупностью. В свою очередь количество семян на плодущем узле определяется количеством бобов на плодущем узле и количеством семян в бобе. Количество бобов на плодущем узле является результатом баланса между освещенностью и ассимиляционной способностью, которая определяет формирование репродуктивных органов [8].

В среднем за годы наблюдений большее количество бобов в среднем по сортам формировалось на втором (1,79 шт.), третьем (1,88 шт.) и четвертом (1,82 шт.) плодущих узлах растения (рис. 2).

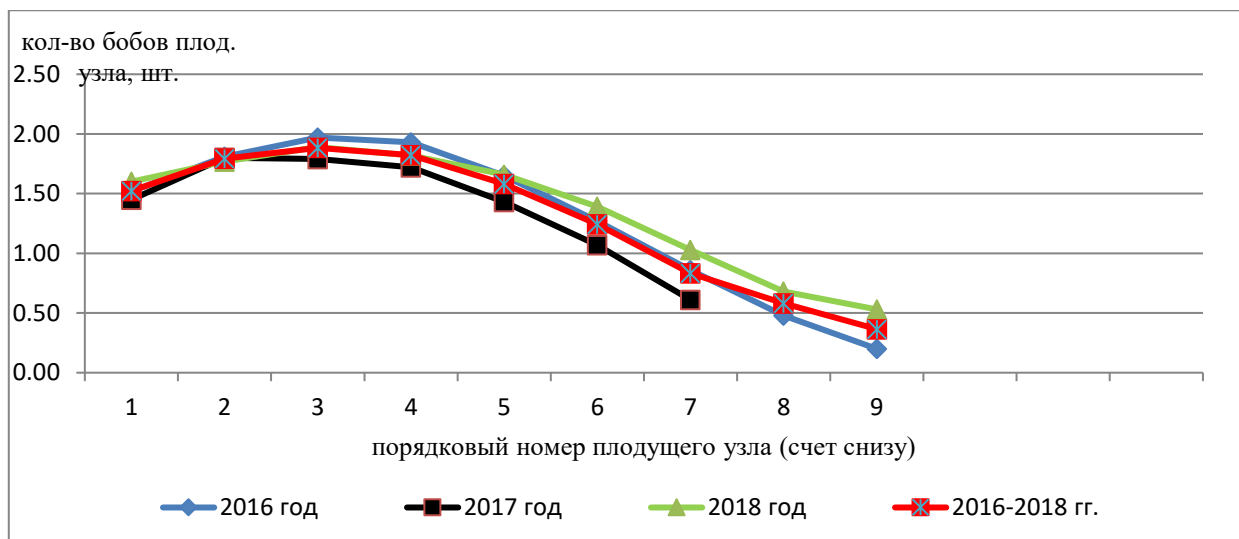


Рис. 2. Формирование количества бобов на плодущих узлах растения сортов сои

Количество бобов с этих узлов было существенно больше среднего значения этого признака по всем плодущим узлам, которое составило $1,3 \pm 0,37$ шт.

Самыми продуктивными по количеству семян, в среднем по годам и сортам были третий (4,2 шт.) и четвертый (4,1 шт.) плодущие узлы. Количество семян на указанных плодущих узлах было существенно больше средней плодущего узла растения, которая составила $3,6 \pm 0,40$ шт. (рис. 3).

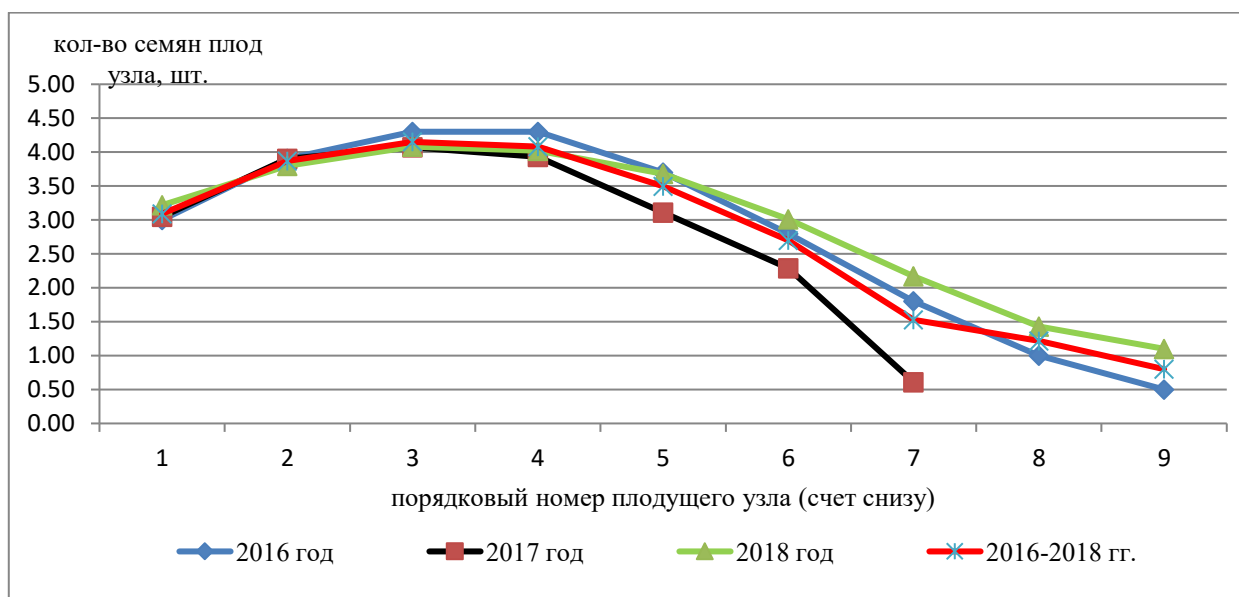


Рис. 3. Формирование количества семян на плодущих узлах растения сортов сои

В отдельно взятые годы вклад наиболее продуктивных плодущих узлов в общую урожайность изменялся. В 2016 и 2017 гг. в среднем по сортам большее количество семян формировалось на втором (3,9 и 3,9 шт.), третьем (4,1 и 4,3 шт.) и четвертом (3,9 и 4,3 шт.) плодущих узлах растения, в 2018 г – на втором (3,8 шт.), третьем (4,1 шт.), четвертом (4,0 шт.) и пятом (3,7 шт.) плодущих узлах растения, Низко продуктивными во все годы по количеству семян были последние и предпоследние плодущие узлы, на которых формировалось в среднем по сортам $0,5 \dots 1,1$ шт. семян.

Наибольшее количество семян в бобе по сравнению со средней признака ($2,0\pm 0,2$) было в среднем по сортам и годам на третьем, четвертом и пятом плодущих узлах растения и составило 2,21...2,24 шт. (рис. 4).

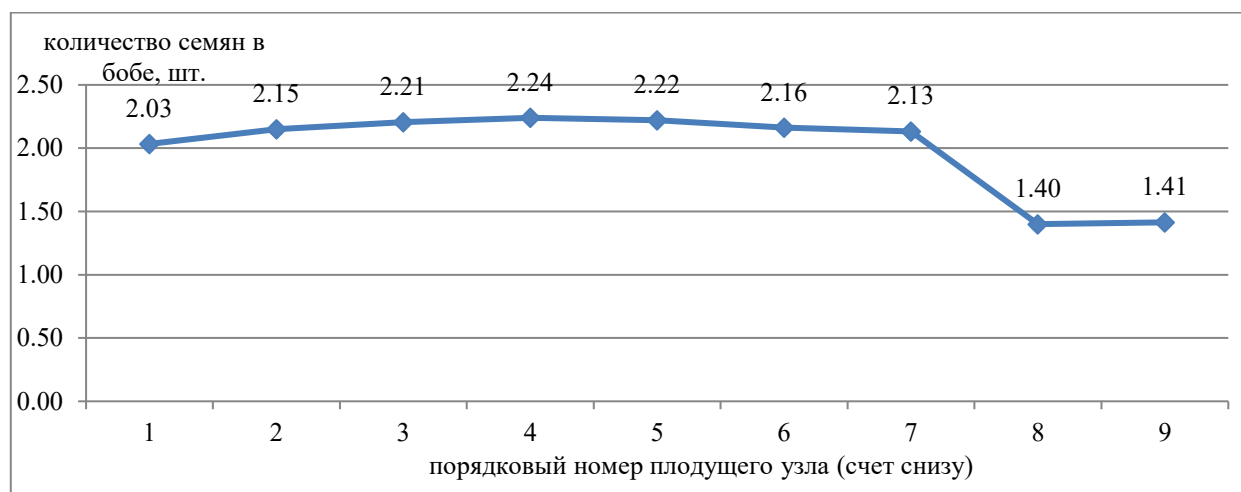


Рис. 4. Формирование количества семян в бобе на плодущих узлах растения сортов сои (среднее за 2016 - 2018 гг.).

Меньше всего было семян в бобе на восьмом (1,40 шт.) и девятом (1,41 шт.) плодущих узлах растения. В отличие от рассмотренных выше признаков, масса 1000 семян формировалась на плодущих узлах иначе. Независимо от условий выращивания наиболее крупные семена были на первом (135 г), втором (134 г), третьем (131 г) и четвертом (129 г) плодущих узлах растения (рис. 5).

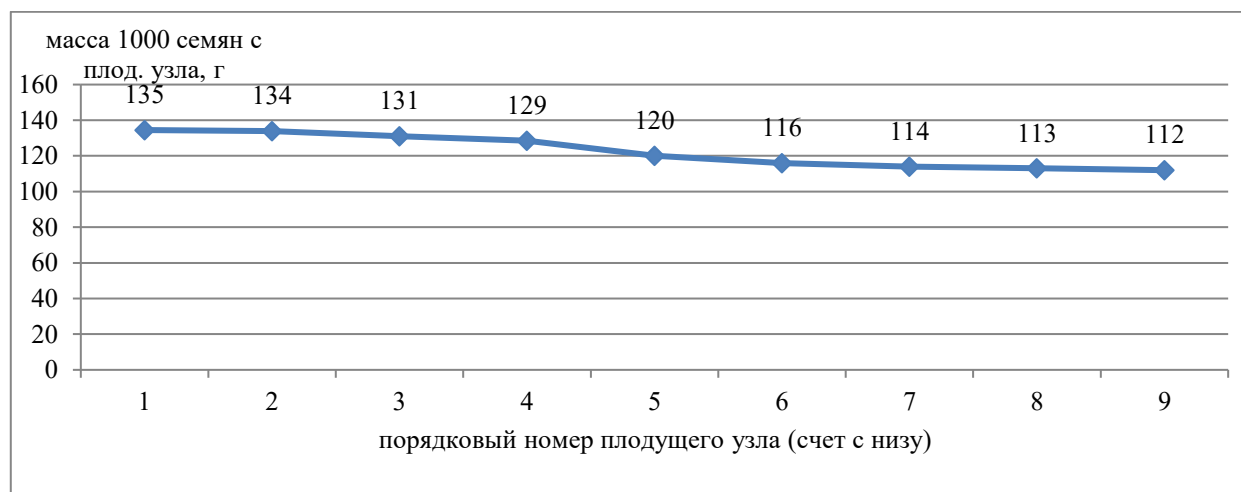


Рис. 5. Формирование массы 1000 семян на плодущих узлах растения сортов сои (среднее за 2017 - 2018 гг.).

На последующих плодущих узлах наблюдалось ее плавное снижение со 120 г до 112 г. Средняя масса 1000 семян на плодущем узле растения у изучаемых сортов составила 123 ± 6 г.

Изменчивость и взаимосвязь признаков семенной продуктивности плодущего узла. Изучение изменчивости и взаимосвязей признаков семенной продуктивности на плодущих узлах растения в изменяющихся условиях среды позволило оценить их стабильность и взаимовлияние. Эти знания позволяют раскрыть механизмы формирования семенной продуктивности, а также служат критерием при отборе высокопродуктивных генотипов и разработки модели идеального сорта [9, 10]. Изучение изменчивости

формирования признаков семенной продуктивности на разных плодущих узлах растения показало, что масса семян, число бобов и семян имели сильную степень изменчивости, а масса 1000 семян и количество семян в бобе - низкую степень изменчивости (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты вариации признаков семенной продуктивности сои, %

Признак	Годы			Средняя
	2016	2017	2018	
Масса семян с плодущего узла	47	36	38	40
Количество бобов с плодущего узла	50	31	37	39
Количество семян с плодущего узла	50	41	38	43
Количество семян в бобе с плодущего узла	4	3	3	3
Масса 1000 семян с плодущего узла	-	7	7	7

Коэффициент вариации массы семян плодущих узлов растения в среднем по годам и сортам составил 40%, количества семян – 43%, количества бобов – 39%. Коэффициент вариации массы 1000 семян плодущих узлов растения в среднем по годам и сортам составил 7%, а количества семян в бобе – 3%.

Изучение корреляционных взаимосвязей признаков семенной продуктивности плодущих узлов растения коллекционных сортов показало высокую достоверную сопряженность массы семян плодущего узла с количеством семян ($r= 0,995\pm 0,038$), бобов ($r= 0,994\pm 0,040$), массой 1000 семян ($r= 0,868\pm 0,187$) и количеством семян в бобе ($r= 0,794\pm 0,230$) плодущего узла растения (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции признаков семенной продуктивности плодущего узла растения (2016-2018 гг.).

Признак	Порядковый номер признака			
	1	2	3	4
1. Масса семян с плодущего узла	1,00			
2. Количество бобов с плодущего узла	0,994*	1,00		
3. Количество семян с плодущего узла	0,995*	0,995*	1,00	
4. Количество семян в бобе с плодущего узла	0,794*	0,839*	0,813*	1,00
5. Масса 1000 семян с плодущего узла	0,868*	0,858*	0,833*	0,566

Достоверно на 0,05 %

Количество семян на плодущем узле было тесно связано с количеством бобов ($r= 0,995\pm 0,037$), массой 1000 семян ($r= 0,833\pm 0,209$) и количеством семян в бобе ($r= 0,813\pm 0,220$) на плодущем узле. Масса 1000 семян и количество семян в бобе плодущего узла имели положительную среднюю степень корреляционной взаимосвязи ($r= 0,566\pm 0,312$).

При изучении коллекции сои мы установили, что формирование массы семян на плодущих узлах было не одинаковым и зависело не только от сортовых особенностей но и от климатических условий, складывающихся на момент развития плодущих узлов растения. В среднем по сортам начиная со второго плодущего узла наблюдался плавный рост массы семян. Максимальное значение признака наблюдалось на третьем плодущем узле. С четвертого плодущего узла масса семян плавно снижалась до минимальных значений на шестом (2016 г.), пятом (2017 г., 2018 г.) плодущих узлах растения, где формировалось 0,10-0,16 г семян (табл. 1).

Низкая продуктивность первого плодущего узла растения может быть связана со снижением фотосинтеза листьев этих узлов. По данным MA. Raза и др. (2021). Q. Li и др. (2022), соя очень чувствительна к освещению, фотосинтез у нее активно проходит при действии на листья прямого солнечного света. Поэтому важно, чтобы листья, в пазухах которых расположены соцветия и бобы, были хорошо освещены для формирования высокой продуктивности плодущего узла.

Избыточная листостебельная масса, создает конкуренцию между листьями за свет. Большая часть световой энергии приходится только на верхнюю часть листового полога, что снижает чистую продуктивность фотосинтеза.

Резкое снижение массы семян на пятом, шестом плодущих узлах и дальнейшее ее снижение на последующих плодущих узлах растения может быть связано с уменьшением продуктивной для растений влаги в почве. У сои генеративная и репродуктивная фазы развития выражены не четко, на нижних узлах растения формируются бобы, в то время на верхних плодущих узлах продолжается цветение. В течение вегетации за счет транспирации происходит иссушение верхних слоев почвы, и горизонт доступной для растений влаги опускается. Поскольку длина корней связана с наличием воды в почве, сорта, особенно с неглубокой корневой системой, из-за недостатка влаги испытывают стресс, в результате которого сбрасывают часть цветков верхних плодущих узлов.

При продолжительной засухе листья снижают фотосинтетическую активность. В результате образования активных форм кислорода в листьях происходит окислительный стресс, который ускоряет их старение. Производство и мобилизация ассимилятов для развивающихся семян снижается, из-за чего частично или полностью прекращается развитие из семязачатков семян. В таком случае на верхних плодущих узлах растения можно наблюдать пустые бобы, а в некоторых из них щуплые, недоразвитые семена. Так, например, в 2017 году в фазу цветения (третья декада июня) продуктивная влажность метрового слоя почвы под посевами сои составила 131 мм, в фазу образование завязи (первая декада августа) - 46 мм, при этом со второй декады июля по третью декаду августа наблюдался острый дефицит осадков. Поэтому, в этот год сорта в среднем формировали меньше плодущих узлов (7 шт.), чем в 2016 и 2018 гг., причем масса семян на плодущих узлах верхнего яруса растения (пятом, шестом и седьмом) была меньше на аналогичных узлах у сортов сои в 2016 и 2018 гг. (табл. 1).

Заключение

Независимо от условий выращивания в среднем у изученных коллекционных сортов сои высокий вклад в общую семенную продуктивность растения вносили второй, третий, четвертый плодущие узлы, масса семян которых варьировала от 0,50 до 0,53 г и была существенно выше средней массы семян по всем плодущим узлам растения 0,35 г. На высокопродуктивных плодущих узлах растения (второй, третий, четвертый) у сортов очень ранней группы спелости формировалось от 0,52 до 0,55 г семян, тогда как у сортов ранней группы спелости на аналогичных высокопродуктивных узлах формировалось от 0,44 до 0,49 г семян. Выявлены сорта сои Самер 5, Волма, Аннушка, Оресса с высокой семенной продуктивностью растения и плодущего узла, которые могут быть прототипами в разработке модели идеального сорта сои для условий Среднего Поволжья.

Среди признаков семенной продуктивности у сортов сои низкую степень изменчивости на плодущих узлах растения имели масса 1000 семян (коэффициент вариации 7%) и количество семян в бобе (коэффициент вариации 3%).

Не зависимо от группы спелости сортов коллекции масса семян плодущего узла была тесно связана с количеством семян (коэффициент корреляции 0,995), бобов (0,994), с массой 1000 семян (0,868) и с количеством семян в бобе (0,794) на плодущем узле растения. На основании полученных данных будет разработана модель сорта сои, адаптированного к условиям Среднего Поволжья, а также данные сведения будут использованы при отборе высокопродуктивных генотипов для целей селекции и семеноводства.

Литература/References

1. Wijewardana C., Reddy KR., Alsajri FA., Irby JT., Krutz J., Golden B. Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. // *Irrig Sci.* 2018. no.36. P. 241–255. <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0580-1>.
2. Елисеева Л.В., Каюкова О.В. К вопросу изучения матриакальной разнокачественности семян зерновых бобовых культур. // *Вестник Чувашской ГСХА.* – 2017. – №2. – С. 21-25.

(Eliseeva L.V., Kayukova O.V. To the question of the matric difference studying of seeds qualitu of leguminous plants. // Vestnik Chuvash SAA, 2017, no.2 P, pp. 21-25 (in Russian).

3. Васильев Н.Ю. Динамика формирования генеративных органов на различных ярусах растений сои в зависимости от нормы высева в Южной лесостепи Западной Сибири. // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 6 (42). – С. 51-53. (Vasiliev N.Yu. Dynamics of the formation of generative organs on different tiers of soybean plants depending on the seeding rate in the Southern forest-steppe of Western Siberia.// Agrarian bulletin of the Urals, 2007, no.6(42), pp. 51-53. (in Russian).

4. Schwerz F., Caron BO., Elli EF., Stolzle JR., Medeiros SLP., Sgarbossa J., Rockenbach AP. Microclimatic conditions in the canopy strata and its relations with the soybean yield. // An Acad Bras Cienc. 2019. no.91(3). P. 1-16. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180066>

5. Moro Rosso LH., Borja Reis AF., Ciampitti IA. Vertical Canopy Profile and the Impact of Branches on Soybean Seed Composition. // Front. Plant Sci. 2021. no.12. P. 725-767. doi: 10.3389/fpls.2021.725767.

6. Parvej R., Slaton NA., Purcell LC. Roberts TL. Soybean Yield Components and Seed Potassium Concentration Responses among Nodes to Potassium Fertility. // Agronomy J. 2015. no.108(2). P. 854-863. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0353>.

7. Thi Thuy Hang Vu, Thi Tuyet Cham Le, Dinh Hoa Vu, Thanh Tuan Nguyen and Thi Ngoc Pham. Correlations and path coefficients for yield related traits in soybean progenies. // Asian J. Crop Sci. 2019. no.11. P. 32-39 DOI: 10.3923/ajcs.2019.32.39.

8. Raza, MA., Hina G., Feng Y., Mukhtar A., Wenyu Y. Growth Rate, Dry Matter Accumulation, and Partitioning in Soybean (*Glycine max* L.) in Response to Defoliation under High-Rainfall Conditions. // Plants. 2021. no.10(8). P. 1497. <https://doi.org/10.3390/plants10081497>.

9. Cheng B., Wang L., Liu R., Wang W., Yu R., Zhou T., Ahmad I., Raza A., Jiang S., Xu M., Liu C., Yu L., Jing S., Liu W., Yang W. Shade-Tolerant Soybean Reduces Yield Loss by Regulating Its Canopy Structure and Stem Characteristics in the Maize-Soybean Strip Intercropping System. // Front Plant Sci. 2022. no.16(13). P. 848-893. doi: 10.3389/fpls.2022.848893.

10. Arya H., Singh MB., Bhalla PL. Towards Developing Drought-smart Soybeans. // Front. Plant Sci. 2021. no.12. P. 664-750. doi: 10.3389/fpls.2021.750664