

# ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ПРИЗНАКАМИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОИ



## FEATURES OF CORRELATIONSHIP AMONG QUANTITATIVE TRAITS IN SOYBEAN BREEDING ACCESSIONS

Шафигуллин Д.Р.<sup>1,2</sup> – аспирант агробиотехнологического  
департамента, младший научный сотрудник лаборатории  
селекции и семеноводства овощных бобовых культур

Романова Е.В.<sup>1</sup> – кандидат с.-х. наук, доцент  
агробиотехнологического департамента

Гинс М.С.<sup>1,2</sup> – доктор биол. наук, член-корреспондент РАН,  
профессор, зав. лабораторией физиологии и  
биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов,  
профессор агробиотехнологического департамента

Гинс В.К.<sup>2</sup> – доктор биологических наук, профессор,  
старший научный сотрудник лаборатории физиологии и  
биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов

Пронина Е.П.<sup>2</sup> – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и  
семеноводства бобовых культур

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Российский государственный  
университет дружбы народов (РУДН)»

117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6

E-mails: shafigullin89@yandex.ru, evroma2008@yandex.ru

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур»

143080, Россия, Московская обл.,

Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14

E-mails: anirr@bk.ru, epronina14@yandex.ru

Shaphigullin D.R.<sup>1,2</sup>,  
Romanova E.V.<sup>1</sup>,  
Gins M.S.<sup>1,2</sup>,  
Gins V.K.<sup>2</sup>,  
Pronina E.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal State Educational Institution  
'Peoples Friendship University of Russia' (RUDN)  
117198, Moscow Miklukho-Maklaya St, 6

E-mails: evroma2008@yandex.ru, shafigullin89@yandex.ru

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Research Institute  
All-Russian Scientific Research Institute  
of Vegetable Breeding and Seed Production  
143080, Russia, Moscow region, Odintsovo district,  
p. VNISSOK, Selectionnaya St, 14

E-mails: anirr@bk.ru, epronina14@yandex.ru

*The main problem of agroindustrial sector of national economy is an absence of sufficient production of plant proteins that are used for food production as well as a forage production. New cultivars of legumes, namely in soybean have to be developed to resolve this task. Soybean seeds contain much protein up to 50%, fat up to 28 %, along with vitamins, phospholipids, isoflavones and ferments. Soybean is a short-day crop. The main reason that limits the spread of soybean is the absence of new early-ripening cultivars. Folk cultivars and varieties native to China produce the grain yield at the sum of temperatures over 3500oC. At the beginning of the last century, there were bred the varieties that produced the grains at the sum of temperatures below 3000oC. Only after that the soybean as a crop is started to be introduced in different countries. The study on association among quantitative traits is needed to select necessary accessions for breeding program. In this research estimation of correlationship based on data of structure analysis was carried out within two-year period. The correlationship of economically valuable traits, such as 1000 seed grain weight, number of grains in bean (pod) and other traits such as plant height, stem thickness, the height of pod attachment, a number of branches, number of pods on the plant, number of productive nodes, average number of pods at node, average number of grains (beans) per plant in field experiment in 2015-2016, Central Zone of Non-chernozem Zone of Russia. It was noticed the difference in trait correlationship depended on a year, and it needs to be taken into account for realization of breeding program in soybean.*

**Keywords:** soybean, plant collection, cultivar, correlations, quantitative trait, productivity, 1000 grain weight, number of grains in a pod.

Важной проблемой отечественного агропромышленного комплекса является дефицит производства белка растительного происхождения для пищевых и кормовых целей, для решения которой необходимо внедрять в производство новые сорта зернобобовых культур, и прежде всего сои. Семена сои содержат большое количество белка – до 50%, до 28% жира, а также витамины, фосфолипиды, изофлавоны, ферменты. Соя – это культура короткого дня. Основной причиной, ограничивающей распространение сои, было отсутствие скороспелых сортов. Сорта народной селекции из Китая формировали урожай зерна при сумме активных температур более 3500°C. В начале прошлого века селекционеры вывели сорта сои, созревающие при сумме активных температур менее 3000°C. Только после этого соя начала активно внедряться в различные страны мира. При отборе необходимых образцов в работе селекционера большую роль играет исследование сопряженности количественных признаков. В работе использован метод оценки корреляционных взаимосвязей по данным структурного анализа за 2 года исследований. Определены корреляционные связи хозяйственно ценных признаков (масса семян с растения, масса 1000 семян, число семян в бобе) с другими количественными признаками сои (высота растения, толщина стебля, высота прикрепления боба, число ветвей, число бобов на растении, число продуктивных узлов, среднее число бобов в узле, число семян на растении) в полевом опыте 2015, 2016 годов в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России. Отмечена разная степень их сопряженности, различия по годам, что важно учитывать при планировании дальнейшего селекционного процесса.

**Ключевые слова:** соя, коллекция, сорт, корреляции, количественный признак, продуктивность, масса 1000 семян, число семян в бобе.

## Введение

Соя играет стратегическую роль в экономике целого ряда стран Американского континента (США, Бразилии, Аргентины), ставших в последние десятилетия основными производителями и экспортерами соевого зерна и продуктов его переработки. Соя возделывается в Китае, Индии, Японии, Корее, где традиционно используется в питании человека и где накоплен большой опыт приготовления из неё разнообразных высокопитательных продуктов [1; 2].

Если до середины XX столетия основной объем производства сои был сосредоточен в Индокитайском регионе, то позднее началось бурное распространение ее в Американском, где в последние годы выращивается более 80% мирового валового сбора зерна [3; 4; 5].

Соя – культура довольно пластичная и, благодаря глубокой отселектированности, успешно возделывается в широком ареале от 54-56° северной широты (Канада, Швеция, Дальний Восток и ЦЧЗ РФ) до 48-50° южной широты (Австралия, Южная Америка), захватывая и экваториальные тропические зоны [6; 7; 8].

Соя, в сравнении с другими бобовыми, не только богаче по химическому составу, но и имеет наиболее высокую кормовую ценность, что, даёт возможность широко использовать ее в кормопроизводстве как культуры, обеспечивающей получение более концентрированных ингредиентов для комбикормовой промышленности. [9; 10; 11].

Для отбора желаемых селекционных образцов при анализе сопряженности различных признаков используется корреляционный анализ. Он имеет важное значение для планирования дальнейшей селекционной работы [12; 13; 14].

## Объект, место и методы исследований

В качестве объекта исследований для изучения ценных селекционных форм использовался коллекционный материал сои (всего 190 образцов): 48 образцов российской селекции, 142 образца иностранной селекции (Китай, Швеция, Польша, Германия, Франция, Канада, Белоруссия, Украина, Великобритания, Нидерланды, Япония, США, Чехия, Бурунди, Ирак, Австрия, Сербия, Молдавия). В качестве стандарта был выбран зарегистрированный в Центральном регионе России (3) сорт Окская (селекции Рязанского НИПТИ АПК).

Исследования проводились в 2015 и 2016 годах на опытном поле лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур ВНИИССОК [8].

Корреляционный анализ проводился в программе Microsoft Office Excel по методике расчета коэффициента корреляции Пирсона при уровне значимости коэффициента корреляции 0,05 [15,16].

Целью исследований являлась оценка сопряженности важных хозяйственных признаков селекционных образцов сои с другими количественными признаками и определение значимых корреляционных связей между ними.

## Результаты исследований

Установлены корреляционные взаимосвязи между хозяйственно-ценными и другими количественными признаками сои.

### Корреляционные связи продуктивности растений

По итогам полевых исследований за 2015-2016 годы связей между длиной растения, высотой прикрепления нижнего боба и семенной продуктивностью не установлено ( $r=-0,005$  и  $r=-0,02$  соответственно, в среднем за 2 года).

Зависимость массы семян со средним числом семян в бобе (в среднем за 2 года  $r=+0,12$ . В 2015 году  $r=+0,25$ , а в 2016 г.  $r=-0,006$ ), и с массой 1000 семян (в среднем за 2 года  $r=+0,20$ . В 2015 году  $r=+0,15$ , а в 2016 году  $r=+0,25$ ) оказалась очень слабой и слабой соответственно по общей классификации корреляционных связей [15].

Однако было найдено большое число близких связей между массой семян с растения и другими количественными признаками. В частности, была обнаружена средняя степень корреляции между числом ветвей на растении и продуктивностью (в среднем за 2 года  $r=+0,51$ . В 2015 году  $r=+0,37$ , а в 2016 году  $r=+0,66$ ). Также наблюдалось сильное увеличение семенной продуктивности с увеличением числа бобов ( $r=+0,82$  в среднем за 2 года, в 2015 и 2016 годах составило соответственно  $r=+0,86$  и  $+0,77$ ), среднее – с числом продуктивных узлов (в среднем за 2

### 1. Корреляционные связи массы семян с растения с другими количественными признаками у сои

№ п/п	Признак	2015 год	2016 год	среднее
1	Высота растения	0,11	-0,12	-0,01
2	Толщина стебля	0,78	0,63	0,70
3	Высота прикрепления боба	0,04	-0,09	-0,02
4	Число ветвей	0,37	0,66	0,51
5	Число бобов на растении	0,86	0,77	0,82
6	Число продуктивных узлов	0,73	0,62	0,67
7	Среднее число бобов в узле	0,43	0,29	0,36
8	Число семян на растении	0,89	0,76	0,83
9	Среднее число семян в бобе	0,25	-0,01	0,12
10	Масса 1000 семян	0,15	0,25	0,20

2. Корреляционные связи массы 1000 семян с другими количественными признаками у сои

№ п/п	Признак	2015 год	2016 год	среднее
1	Высота растения	-0,33	-0,55	-0,44
2	Толщина стебля	0,45	0,37	0,41
3	Высота прикрепления боба	0,14	-0,05	0,04
4	Число ветвей	-0,07	0,37	0,14
5	Число бобов на растении	-0,23	-0,26	-0,25
6	Число продуктивных узлов	-0,19	-0,19	-0,19
7	Среднее число бобов в узле	-0,16	-0,31	-0,23
8	Число семян на растении	-0,30	-0,38	-0,34
9	Среднее число семян в бобе	-0,30	-0,54	-0,42

года  $r=+0,67$ . В 2015 году  $r=+0,73$ , а в 2016 году  $r=+0,62$ ). В то же время, масса семян с растения имела умеренную степень корреляции со средним числом бобов в узле (в среднем за 2 года  $r=+0,36$ . В 2015 году  $r=+0,43$ , а в 2016 г.  $r=+0,29$ ). Была выявлена тесная сопряженность между продуктивностью растений и толщиной стебля ( $r=+0,70$ ); при этом в 2015 году  $r=+0,78$ , а в 2016 году  $r=+0,63$ . Самая сильная степень корреляции продуктивности была замечена с числом семян с растения ( $r=+0,83$  в среднем за 2 года, в 2015 и 2016 годах составило соответственно  $r=+0,89$  и  $+0,76$ ) (табл.1).

**Корреляционные связи массы 1000 семян**

Количественный признак «масса 1000 семян» является важнейшим при анализе сои на овощную направленность.

Выявлена значительная отрицательная зависимость между крупностью семян и высотой растения ( $r=-0,44$  в среднем за 2 года, в 2015 и 2016 гг. составила  $r=-0,33$  и  $-0,55$  соответственно); числом бобов ( $r=-0,25$  в среднем), при этом в 2015 году  $r=-0,23$ , а в 2016 году  $r=-0,26$ ; средним числом бобов в узле ( $r=-0,23$ , в среднем за 2 года, в 2015 и 2016 годах составило  $r=-0,16$  и  $-0,31$  соответственно); числом семян (в

среднем, за 2 года  $r=-0,34$ . В 2015 году  $r=-0,30$ , а в 2016 году  $r=-0,38$ ); средним числом семян в бобе ( $r=-0,42$ , в среднем за 2 года, в 2015 и 2016 годах составила  $r=-0,30$  и  $-0,54$  соответственно).

Однако, была найдена средняя степень сопряженности массы 1000 семян с толщиной стебля (в среднем, за 2 года  $r=+0,41$ . В 2015 году  $r=+0,45$ , а в 2016 году  $r=+0,37$ ).

В среднем, за 2015-2016 годы корреляции массы 1000 семян сои и остальных признаков были незначительны: высота прикрепления нижнего боба (в среднем за 2 года  $r=+0,04$ , в 2015 году  $r=+0,14$ , в 2016 году  $r=-0,05$ ), число ветвей

3. Корреляционные связи числа семян в бобе с другими количественными признаками у сои

№ п/п	Признак	2015 год	2016 год	среднее
1	Высота растения	0,01	0,06	0,03
2	Толщина стебля	0,00	-0,17	-0,08
3	Высота прикрепления боба	-0,10	0,08	-0,01
4	Число ветвей	-0,01	-0,35	-0,18
5	Число бобов на растении	0,10	0,02	0,06
6	Число продуктивных узлов	0,08	-0,17	-0,04
7	Среднее число бобов в узле	0,07	0,35	0,21
8	Число семян на растении	0,36	0,32	0,34

на растении (в среднем, за 2 года  $r=+0,14$ , в 2015 и 2016 годах составило  $r=+0,07$  и  $+0,37$  соответственно), число продуктивных узлов (в среднем за 2 года  $r=-0,193$ , в 2015 году  $r=-0,196$ , в 2016 году  $r=-0,190$ ) (табл.2).

#### **Корреляционные связи числа семян в бобе**

При корреляционном анализе числа семян в бобе и большей части других количественных признаков тесных взаимосвязей по итогам последних двух лет исследований обнаружено не было.

В частности, отсутствовала сопряженность: с высотой растения ( $r=+0,03$ , в среднем за 2 года, в 2015 и 2016 годах составила  $r=+0,01$  и  $+0,06$  соответственно); с толщиной стебля (в среднем, за 2 года  $r=-0,08$ . В 2015 году  $r=0,0$ , а в 2016 году  $r=-0,08$ ); с высотой прикрепления нижнего боба ( $r=-0,008$ , в среднем, за 2 года, в 2015 и 2016 годах составило  $r=-0,10$  и  $+0,08$  соответственно); с числом бобов (в среднем, за 2 года  $r=+0,06$ . В 2015 году  $r=+0,10$ , а в 2016 году  $r=+0,02$ ;

с числом узлов ( $r=-0,04$ , в среднем, за 2 года, в 2015 и 2016 годах составило  $r=+0,08$  и  $-0,17$  соответственно); с числом ветвей ( $r=-0,18$ ; при этом, в 2015 году  $r=-0,01$ , а в 2016 году  $r=-0,35$ ).

Была выявлена слабая зависимость между числом семян в бобе и средним числом бобов в узле ( $r=+0,21$ , в среднем, за 2 года, в 2015 и 2016 годах составило  $r=+0,07$  и  $+0,35$  соответственно).

Также, среди количественных признаков, исследуемых нами, была обнаружена умеренная степень сопряженности между числом семян в бобе и числом семян с растения ( $r=+0,34$ , в среднем, за 2 года, в 2015 и 2016 годах составила  $r=+0,36$  и  $+0,32$  соответственно) (табл.3).

#### **Выводы**

1. Проведённые двухгодичные полевые исследования показали, что степень корреляционных взаимосвязей важнейших хозяйственно-ценных количественных признаков коллекционных образцов сои в условиях Московской области различается и изменяется от отрицательной до

сильной положительной, в зависимости от конкретного признака, и в меньшей степени – по годам.

2. Обнаружена сильная зависимость между семенной продуктивностью и числом семян с растения ( $r=+0,83$ ), числом бобов на растении ( $r=+0,82$ ), толщиной стебля ( $r=+0,70$ ).

3. Найдены значительные отрицательные корреляции между массой 1000 семян и высотой растения ( $r=-0,44$ ), числом бобов на растении ( $r=-0,25$ ), числом семян с растения ( $r=-0,34$ ), средним числом семян в бобе ( $r=-0,42$ ).

Отмечена умеренная корреляция массы 1000 семян с толщиной стебля ( $r=+0,41$ ), что важно учитывать при отборе овощных линий сои.

4. Среди всех количественных признаков, коррелируемых с числом семян в бобе, была найдена умеренная степень корреляций с числом семян с растения ( $r=+0,34$ ). Корреляционные связи между числом семян в бобе и остальными количественными признаками оказались незначительными.

#### **Литература**

1. Bellaloui N. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA [Text] / Bellaloui N., Bruns H.A., Abbas H.K., Mengistu A., Fisher D.K., Reddy K.N. // Front.PlantSci. – 2015. - №6 (31) – P.1-3.
2. Головина Е.В. Научно-теоретическое обоснование возделывания сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ [Текст] автореферат дис. на соиск. учен. степ. док. с/х наук (06.01.01) / Головина Екатерина Владиславовна; Пенз. гос. с.-х. акад. – Пенза, 2016. – С.3.
3. Cianzio S. Evaluation of Soybean Varieties in the Northern SCN Regional Soybean Test—SCN Regional Test Ilin West Central Iowa [Text] / Cianzio S., Lundeen P., Budnik, R., and Gebhart G. // Farm Progress Reports. – 2016. – №2015 (161) – P. 11-13.
4. Еникеева Л.Н., Каразанова Л.Н. Соя: Науч.-произв. Справ. / Л.Н. Еникеева, Л.Н. Каразанова // ЦНСХБ РАСХН – М.: 1998. – С. 204.
5. Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Кононенко С.И., Ригер А.Н. Соя в кормопроизводстве // ГНУ ВНИИМК имени В. С. Пустовойта, Краснодар, 2010. – С. 4-6.
6. Rogers J. Agronomic performance and genetic progress of selected historical soybean varieties in the southern USA [Text] / Rogers J., Chen P., Shi A., Zhang B., Scaboo A., Smith S. F. and Zeng A. // Plant Breed. – 2015. - №134. – P. 85-93.
7. Баранов В.Ф., Лукомец В.М. Соя. Биология и технология возделывания // ВНИИМК, Краснодар, 2005. – С.3-6.
8. Шафигуллин Д.Р., Романова Е.В., Гинс М.С., Пронина Е.П., Гинс В.К. Оценка и подбор исходного материала для селекции сои на хозяйственно-ценные признаки в условиях центрального района европейской части России. Овощи России. – 2016. – № 2. – С. 28-32.
9. Кобозева Т.П., Швеценко В.А., Делаев У.А., Синеговская В.Т., Попова Н.П. Научно-практические основы возделывания сортов сои северного экотипа в Нечерноземной зоне России // Учебное пособие. Москва, 2016.
10. Гинс М.С., Селихова О.А., Семенова Е.А., Иваченко Л.Е., Романова Е.В., Самир Р.Е.А.Х. Изменение биохимического состава семян сои сортов Соната и Гармония при различных условиях выращивания // Российская сельскохозяйственная наука. – 2005. – № 5. –С. 10-12.
11. Иваченко Л.Е., Ефимова Г.П., Гинс М.С., Або-Хегазин С.Р.Е. Сравнительный биохимический состав семян сои, выращенных в Амурской и Московской областях // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2006. – № 6. – С. 47-49.
12. Alliprandini L.F. Heritability and correlations among traits in four-way soybean crosses [Text] / Luis Fernando Alliprandini1, Natal Antonio Vello // Euphytica. – 2004. - №136(1). – P.81-91.
13. Лещенко А.К. Селекция, семеноведение и семеноводство сои [Текст] / А. К. Лещенко, Михайлов Вячеслав Григорьевич, Сичкарь Вячеслав Иванович. – Киев : Урожай, 1985. – С. 28-32.
14. Zafar Iqbal. Genetic divergence and correlation studies of soybean [Glycine max (L.) Merrill.] genotypes [Text] / Zafar Iqbal, Muhammad Arshad, Muhammad Ashraf, Abdul Waheed // Pakistan Journal of Botany. – 2010. - 42(2). – P. 971-976.
15. Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т., Кобозева Т.П. Методы исследований в полевых опытах с соей // Благовещенск, 2016.
16. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия. // Учеб. пособие. ПетрГУ. — Петрозаводск, 2010.