

ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА СОИ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Е.А. АТАКОВА, ORCID 0000-0003-3944-3530

А.В. КАЗАРИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-9535-7691

ПОВОЛЖСКИЙ НИИСС ИМЕНИ П.Н. КОНСТАНТИНОВА – ФИЛИАЛ САМАРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РАН

В статье представлены результаты оценки исходного материала сои по основным хозяйственно ценным признакам для целенаправленного использования в селекционном процессе. На базе Поволжского НИИСС имени П.Н. Константинова – филиала СамФНЦ РАН в 2019-2021 гг. было проведено изучение 112 сортообразцов сои различного эколого-географического происхождения. Большая часть коллекции была представлена образцами, которые относятся к группам спелости: скороспелые (91-100 суток) – 57,3%, от скороспелых до среднескороспелых (101-110 суток) – 39,1%. Среднескороспелая группа была представлена 3,6% образцов. В результате исследований определена средняя положительная взаимосвязь ветвистости с продуктивностью ($r=0,57-0,67$). Во все годы изучения установлена сильная корреляционная зависимость признаков число бобов на растении с продуктивностью растений сои ($r=0,93-0,98$). Установлена сильная прямая зависимость между показателями масса семян с 1 растения и семенной продуктивностью ($r=0,93-0,98$). В результате изучения были отобраны образцы по комплексу признаков характеризующих технологичность, высокую продуктивность, повышенное содержание белка в семенах. Выделенные образцы с наиболее ценными свойствами могут привлекаться в качестве исходного материала для создания новых высокопродуктивных сортов сои для неорошаемых условий лесостепи Среднего Поволжья.

Ключевые слова: соя, исходный материал, селекция, признак, структура урожая, корреляция.

Для цитирования: Атакова Е.А., Казарина А.В. Изучение исходного материала сои в неорошаемых условиях Самарского Заволжья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):28-33. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-28-33

STUDY OF SOYBEAN SOURCE MATERIAL IN NON-IRRIGATED CONDITIONS OF THE SAMARA TRANS-VOLGA REGION

E.A. Atakova, A.V. Kazarina

P.N. KONSTANTINOV VOLGA RESEARCH INSTITUTE OF BREEDING AND SEED FARMING BRANCH SAMARA FEDERAL RESEARCH CENTER RAS, Kinel, Russia

Abstract: *This article presents the results of evaluation of soybean source material on the main economically valuable traits for purposeful use in the breeding process. The study of 112 soybean varieties of different ecological and geographical origin was carried out on the basis of the Konstantinov Volga Research Institute of Breeding and Seed Farming in 2019-2021. Most of the collection was represented by samples that belonged to ripeness groups: early ripe (91-100 days) - 57.3%, early to medium ripe (101 - 110 days) -39.1%. The medium-ripening group was represented by 3.6% of samples. As a result of research, the average positive correlation of branching with productivity was determined ($r=0.57-0.67$). In all years of the study, a strong correlation between the number of beans per plant and productivity of soybean plants was established ($r=0.93-0.98$). A strong direct correlation between seed weight per plant and seed productivity ($r=0.93-0.98$) was*

established. As a result of the study, samples were selected according to a set of traits characterizing processability, high productivity, and increased protein content in seeds. The selected samples with the most valuable properties can be used as source material for the development of new high-yielding soybean varieties for rainfed conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region.

Keywords: soybean, source material, breeding, trait, yield structure, correlation.

Введение

Соя [*Glycine max* (L.) Merr.] является ценной и уникальной зернобобовой культурой, одной из наиболее востребованных масличных культур в мировом земледелии [1]. Семена сои отличаются повышенным содержанием высококачественного растительного белка - от 35 до 50%, содержание масла в семенах достигает 25-28%, кроме того семена содержат значительное количество углеводов, витаминов и других веществ, ценных для рациона питания человека и животных [2, 3]. Уникальный биохимический состав семян сои способствует постоянному высокому спросу, а широкий спектр направлений использования обуславливает активное расширение посевных площадей под данной культурой [4].

В настоящее время в Самарском Заволжье наблюдается значительный и стабильный прирост посевных площадей, занятых под посевами сои. Самарское Заволжье расположено в лесостепной зоне Среднего Поволжья, для которой характерна аридность климата, контрастность температур воздуха, неравномерное распределение осадков по месяцам. В таких контрастных природно-климатических условиях основной задачей селекции сои является создание сортов с высоким потенциалом урожайности в сочетании с адаптивностью и устойчивостью к стрессовым факторам среды [5, 6]. Успех селекционного процесса зависит от тщательного подбора исходного материала, идентификации генотипов по основным количественным признакам, влияющим на формирование продуктивности растений [7, 8].

Цель исследований – оценка исходного материала сои по основным хозяйственно ценным признакам для целенаправленного использования в селекционном процессе.

Материалы и методика исследований

Экспериментальные исследования проводились на базе Поволжского НИИСС имени П.Н. Константинова в 2019-2021 гг. В изучении находилось 112 сортообразцов сои различного эколого-географического происхождения, в качестве стандарта принят сорт сои Южанка, включенный в Государственный реестр селекционных достижений, рекомендованный по Средневолжскому (7) региону. Почва опытного участка представлена черноземом типичным среднегумусным среднемощным среднеглинистого механического состава. Содержание гумуса – 5,7-6,9%. Обеспеченность подвижными формами фосфора в пахотном слое почвы – 133,6-156,5 мг/кг, обменного калия – 154,0-180,0 мг/кг, рН солевой вытяжки почвы – 4,5 ед.

Посев опытных делянок осуществлялся в оптимальные агротехнические сроки, без орошения. Закладка полевых опытов и проведение анализов выполнено в соответствии с методиками Б.А. Доспехова (1985 г.), Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019 г.) и Международного классификатора СЭВ рода *Glycine* Willd (1990 г.).

Содержание белка сои определяли методом Къельдаля (ГОСТ Р 32044.1-2012/ISO 5983-1:20050 с использованием автоматической системой UDK – 152.

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались большим диапазоном варьирования, что позволило всесторонне оценить изучаемый исходный материал сои.

Наибольшим количеством тепла характеризовался вегетационный период 2021 года, сумма активных температур за период вегетации сои (май-август) составила 2699,1°C, среднемноголетний показатель в регионе составляет 2223,0°C. В 2019 и 2020 годах сумма активных температур различалась не значительно – 2317,3°C и 2351,2°C соответственно, однако распределение температур по месяцам значительно отличалось. Годы изучения

характеризовались дефицитом увлажнения, сумма осадков за вегетационный период сои составила 110,6 (2019 г.), 130,5 (2020 г.), 111,4 (2021г.) мм, что составляет 60,4 – 71,3% от среднегодовой нормы. Гидротермический коэффициент (ГТК) в годы исследований составлял 0,49 (2019г.), 0,56 (2020 г.), 0,41 (2021 г.) и характеризовал условия выращивания как засушливые.

Результаты исследований

Основным признаком, определяющим возможность возделывания того или иного сорта сои в определенной зоне, является вегетационный период. Следует отметить, что за годы проведения экспериментов, все включенные в изучение сортообразцы сои стабильно вызревали. Продолжительность вегетационного периода варьировалась от 83 до 120 суток и зависела от генотипа и от метеорологических условий, складывающихся в период роста и развития растений. Продолжительность вегетационного периода стандартного сорта Южанка в среднем за 2019-2021 гг. составила 100 суток.

Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Glycine* Willd изучаемые образцы по средней продолжительности вегетационного периода были дифференцированы на три группы: скороспелые (91-100 суток), от скороспелых до среднескороспелых (101-110 суток) и среднескороспелые (111-120 суток). Установлено, что большая часть коллекции была представлена образцами, которые относятся к группам спелости: скороспелые (91-100 суток) – 65 образцов или 57,3% и от скороспелых до среднескороспелых (101-110 суток) – 43 образца или 39,1% (рис. 1). Среднескороспелая группа была представлена 3,6% (4 образца). Стандартный сорт Южанка был отнесен к группе скороспелых образцов.

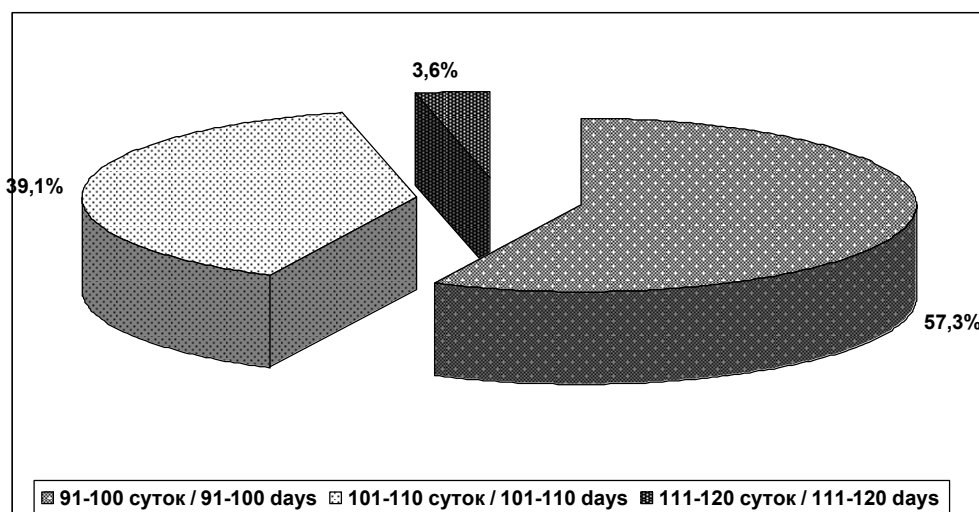


Рис. 1. Дифференциация образцов сои по продолжительности вегетационного периода (2019-2021 гг.)

Среди изученных коллекционных образцов были выделены шесть наиболее скороспелых, вегетационный период которых стабильно находился в пределах 92 – 96 суток. Данные образцы перспективны в качестве генетических источников для селекции на скороспелость: BN-12/18, ОАК Erin/2012-4, 1262 (Чехословакия), FiskebyV (Швеция), Mutante:Stamm 54/145M 4789/77 (ГДР), Kenchawol (Великобритания). Самым продолжительным вегетационным периодом (116-120 суток) отличались четыре образца: UM 7 (Канада), Соер 32699 (Россия), Соер 121-88 (Россия) и Кинелянка (Россия). За годы изучения все образцы группы среднескороспелых стабильно вызревали в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья, однако их вегетация завершалась во II-III декаде сентября, когда в регионе неустойчивая погода с высокой вероятностью заморозков и дождей.

Технологичность сорта (пригодность к механизированной уборке) характеризуется устойчивостью к растрескиванию бобов и полеганию, сорт должен иметь высокое прикрепление нижнего боба (более 12 см), что бы избежать потерь при уборке, высота растений должна быть оптимальной.

Высота растений изучаемых образцов сои, в среднем за годы изучения колебалась в пределах 20,2-87,8 см и в значительной степени варьировалась по годам ($V=32,9\%$) (табл.). За годы изучения выявлена средняя корреляционная зависимость между высотой и индивидуальной продуктивностью растений ($r=0,39-0,58$). Наиболее высокорослые растения были отмечены у образцов: в-1 4099/68 (Германия), без названия (Германия), Л-71/2018, Л-7/2018, 1262 (Чехословакия), средняя высота которых была в пределах 56,8-60,3 см.

Таблица

Образцы сои, выделенные по основным хозяйственно ценным признакам (2019-2021 гг.)

Признак	Минимальное значение признака	Максимальное значение признака	Коэффициент вариации признака (V), %	Выделившиеся образцы
Высота растений, см	20,2	87,8	32,9	в-1 4099/68 (Германия), без названия (Германия), Л-71/2018, Л-7/2018, 1262 (Чехословакия)
Высота прикрепления нижнего боба, см	6,0	24,3	13,9	Л-54/2018, Л-71/2018, УМ 7 (Канада), 073-5 (Канада), Л-8/2018, СибНИИК 315 (Россия)
Ветвистость, шт.	0,2	8,2	15,0	680-11 (Украина), Gessener (Югославия), Л-47/2018, Дуар (Россия), Fiskeby V (Швеция), Ника (Россия), G-16 (Франция), ОХ 299 (Канада)
Масса семян с 1 растения, г	1,54	21,55	29,0	Л-6/2018, Мон-53 (США), 680-11 (Украина), ОХ 299 (Канада), Дельта (Россия), 422 (Казахстан), Ника (Россия), Л-60/2018
Количество бобов на растении, шт.	6,4	81,4	32,4	Л-6/2018, Мон-53 (США), Л-60/2018, 422 (Казахстан), Дельта (Россия), Ника (Россия)
Количество семян в бобе, шт.	1,0	2,7	4,8	Л-44/2018, Л-51/2018, Л-56/2018, Л-71/2018, УМ 7 (Канада)
Масса 1000 семян	91,08	196,84	11,7	Holosoy (Бельгия), Mutante:Stamm 54/145M 4789/77 (ГДР), ИНАР-НК (Польша), 073-14 (Канада)
Содержание белка в семенах, %	27,8	49,3	12,6	Соер 32699 (Россия), УМ 7 (Канада), Иртышская 1 (Россия), 152 (Россия), 073-14 (Канада), Mutante:Stamm 54/145M 4789/77 (ГДР), Херсонская 8 (Украина), Самарянка (Россия)

В наших опытах, высота прикрепления нижнего боба отличалась средней вариабельностью по годам ($V=13,9\%$) и находилась в пределах 7,6-18,4 см, у стандартного сорта Южанка данный показатель находился на уровне 14,3 см. Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Glycine* Willd изучаемые сортообразцы по высоте прикрепления нижнего боба дифференцировались на три группы: малая (5-10 см), средняя (10,1-15,0 см) и большая (15,1-20,0 см) (табл.). В среднем за годы изучения самое высокое расположение бобов над уровнем почвы отмечено у образцов Л-54/2018 -15,0 см, Л-71/2018 – 15,7 см, УМ 7 (Канада) – 15,8 см, 073-5 (Канада) – 16,2 см, Л-8/2018 – 16,3 см, СибНИИК 315 (Россия) – 18,1 см.

В условиях 2019-2021 гг. полегания растений сои не наблюдалось. В 2020 и 2021 годах было отмечено растрескивание бобов и осыпание семян отдельных образцов: Л-16/2018, ЛН 895612 (США), Соер 121-88 (Россия), 073-5 (Канада), Л-21/118, ВНИИС 1 (Россия).

Основной задачей большинства селекционных программ является повышение потенциальной семенной продуктивности растений, которая зависит от отдельных элементов структуры урожая.

В опытах установлена значимая положительная корреляционная связь показателя ветвистость (среднее количество продуктивных ветвей на растении) с продуктивностью растений сои ($r=0,57-0,67$). В среднем за годы изучения ветвистость у изучаемых образцов находилась в пределах 1,3-4,5 шт. и в средней степени варьировался по годам ($V=15,0\%$). Наибольшее количество продуктивных ветвей на растении имели: 680-11 (Украина), Gessener (Югославия), Л-47/2018, Дуар (Россия), Fiskeby V (Швеция), Ника (Россия), G-16 (Франция), ОХ 299 (Канада), превышение над стандартом составило 39,3-60,7%.

Масса семян с 1 растения является определяющим признаком семенной продуктивности сои ($r=0,93-0,98$). Коэффициент вариации данного признака по годам был значительным и составлял 29,0%. В среднем за годы изучения масса семян с 1 растения составила 5,51-9,42 г, у стандарта Южанка 6,76 г. По данному признаку были выделены образцы, индивидуальная продуктивность которых на 60,2-104,7% превышала стандарт: Л-6/2018, Мон-53 (США), 680-11 (Украина), ОХ 299 (Канада), Дельта (Россия), 422 (Казахстан), Ника (Россия), Л-59/2018.

Важным показателем продуктивности является число бобов на растении. Во все годы изучения установлена сильная степень сопряженности данного признака с продуктивностью растений сои ($r=0,80-0,95$). Данный признак в среднем за 2019-2021 гг. колебался от 13,8 до 47,3 шт., коэффициент вариации признака по годам составил 32,4%. Наибольшее количество бобов на растении отмечено у следующих образцов: Л-6/2018, Мон-53 (США), Л-60/2018, 422 (Казахстан), Дельта (Россия), Ника (Россия), у которых превышение над стандартом составило 62,0-89,2 %.

В наших опытах количество семян в бобе – наиболее стабильный признак, не значительно изменяющийся по годам ($V=4,8\%$). Была установлена умеренная корреляционная зависимость между числом семян в бобе и массой семян с 1 растения ($r=0,36$). За 3 года изучения количество семян в бобе находилась в пределах 1,7-2,5 шт. Повышенное число семян в бобе имели: Л-44/2018, Л-51/2018, Л-56/2018, Л-71/2018, УМ 7 (Канада) превысив стандарт по данному показателю на 20-25%.

Масса 1000 семян является важным признаком, характеризующим крупность и выполненность семян сои, его выраженность зависит как от генотипа, так и от гидротермических условий, складывающихся в период вегетации. В наших исследованиях данный признак имел среднюю амплитуду колебания по годам ($V=11,7\%$) и в среднем составлял 106,50 - 168,55 г. Максимальную массу 1000 семян имели сортообразцы Holosoy (Бельгия), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), ИНАР-НК (Польша), 073-14 (Канада), превысив стандарт на 22,9-36,8%.

Одним из актуальных направлений селекции сои является повышение содержания белка в семенах. В среднем за годы исследований содержание протеина находилось в пределах 30,0-46,2%. Источниками высокого и стабильного накопления белка в семенах являются образцы: Соер 32699 (Россия), УМ 7 (Канада), Иртышская 1 (Россия), 152 (Россия), 073-14 (Канада), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), Херсонская 8 (Украина), Самарянка (Россия). Превышение над стандартом оставило 23,3-41,1%.

Заключение

В результате изучения 112 сортообразцов сои различного эколого-географического происхождения были выделены образцы для использования в качестве исходного материала в селекции сои на высокую продуктивность в неорошаемых условиях Самарского Заволжья.

Образцы с ранним сроком созревания, перспективные в качестве генетических источников для селекции на скороспелость: ВN-12/18, ОАК Erin/2012-4, 1262 (Чехословакия), FiskebyV (Швеция), Mutante:Stamm 54/145М 4789/77 (ГДР), Kenchawol (Великобритания).

По комплексу признаков, характеризующих технологичность сорта, были выделены сортообразцы с высоким прикреплением нижнего боба, оптимальной высотой растений, устойчивые к растрескиванию бобов и полеганию: Л-54/2018, Л-71/2018, УМ 7 (Канада), Л-8/2018, СибНИИК 315 (Россия), в-1 4099/68 (Германия), Л-7/2018, 1262 (Чехословакия).

По комплексу хозяйственно ценных признаков, характеризующих высокую продуктивность сои (масса семян с растения, количество бобов на растении, количество семян в бобе, ветвистость, масса 1000 семян) выделены образцы: Л-6/2018, Holosoy (Бельгия), Mutante:Stamm 54/145M 4789/77 (ГДР), Л-71/2018, ИНАР-НК (Польша), 073-14 (Канада), Мон-53 (США), Л-44/2018, Л-56/2018, УМ 7 (Канада), 680-11 (Украина), ОХ 299 (Канада), Дельта (Россия), 422 (Казахстан), Ника (Россия), Л-59/2018.

В качестве источников высокого и стабильного накопления белка в семенах выделены: Соер 32699 (Россия), УМ 7 (Канада), Иртышская 1 (Россия), 152 (Россия), 073-14 (Канада), Mutante:Stamm 54/145M 4789/77 (ГДР), Херсонская 8 (Украина), Самарянка (Россия).

Литература

1. Зайцева О.А., Бельченко С.А., Дронов А.В., Сычев С.М., Дьяченко В.В., Шпилев Н.С., Малявко Г.П. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов сои в агроклиматических условиях Брянской области // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2022. – № 4 (44) – С. 40-48. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-40-48
2. Байкунирова А.К., Григорчук Н.Ф. Результаты изучения коллекции сои в ТОО «Опытное хозяйство масличных культур» // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2022. – № 4 (210). – С. 5-10. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-210-4-5-10
3. Кипшакбаева Г.А., Амантаев Б.О., Тлеулина З.Т., Жанбыршина Н.Ж., Кульжабаев Е.М. Изучение и создание исходного материала сои в условиях Северного Казахстана // *Аграрный вестник Урала*. – 2022. – № 2 (217). – С. 40-47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47
4. Шепель О.Л., Асеева Т.А., Зволимбовская М.П. Зависимость хозяйственно-биологических признаков сои от гидротермических условий Среднего Приамурья // *Достижения науки и техники АПК*. – 2020. – Т.34. – № 8. – С. 16-22. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802
5. Казарина А.В., Атакова Е.А. Оценка экологической пластичности и стабильности селекционного материала сои в неорошаемых условиях Самарского Заволжья // *Аграрный научный журнал*. 2020. №12. С. 14-17. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp14-17
6. Булатова К.А. Изучение исходного материала сои для селекции в условиях Среднего Поволжья // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2018. – Т. 20. – № 2 (4). – С. 763-766.
7. Zhou Zhou,† , Naoufal Lakhssassi,† , Mallory A. Cullen , Abdelhalim El Baz , Tri D. Vuong, Henry T. Nguyen and Khalid Meksem Assessment of phenotypic variations and correlation among seed composition traits im mutagenized soybean populations / Z. Zhou [et al.] // *Genes*. 2019. 10(12). P. 975_ doi.org/10.3390/genes10120975
8. Васина Е.А., Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Результаты изучения исходного материала сои в условиях Приморского края для селекционных целей // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2022. – Т. 183. – № 4. – С. 19-29. doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-19-29

References

1. Zaitseva O.A., Bel'chenko S.A., Dronov A.V., Sychev S.M., D'yachenko V.V., Shpilev N.S., Malyavko G.P. Comparative assessment of grain productivity and adaptability of soybean varieties in agroclimatic conditions of Bryansk region // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. – 2022. – no.4 (44) - Pp. 40-48. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-40-48
2. Baikunirova A.K., Grigorochuk N.F. Results of the study of soybean collection in «Experimental farm of oilseeds» LLP// *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – no.4 (210). – Pp. 5-10. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-210-4-5-10
3. Kipshakbaeva G.A., Amantaev B.O., Tleulina Z.T., Zhanbyrshina N.Zh., Kul'zhabaev E.M. Study and creation of soybean source material in conditions of Northern Kazakhstan // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2022. no.2 (217). Pp. 40-47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47
4. Shepel' O.L., Aseeva T.A., Zvolimbovskaya M.P. Dependence of economic-biological traits of soybean on hydrothermal conditions in the Middle Amur Region // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020. V.34. no.8. Pp. 16-22. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10802
5. Kazarina A.V., Atakova E.A. Assessment of ecological plasticity and stability of soybean breeding material in rainfed conditions of Samara Volga region // *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*. 2020. no.12. Pp. 14-17. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp14-17
6. Bulatova K.A. Study of soybean source material for breeding under conditions of the Middle Volga region // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. – 2018. – V. 20. – no.2 (4). – Pp.763-766.
7. Zhou Zhou,† , Naoufal Lakhssassi,† , Mallory A. Cullen , Abdelhalim El Baz , Tri D. Vuong, Henry T. Nguyen and Khalid Meksem Assessment of phenotypic variations and correlation among seed composition traits im mutagenized soybean populations / Z. Zhou [et al.] // *Genes*. 2019. 10(12). P. 975. doi.org/10.3390/genes10120975
8. Vasina E.A., Butovets E.S., Luk'yanchuk L.M. Results of study of soybean source material in the conditions of Primorsky Krai for breeding purposes // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. – 2022. – V. 183. – no.4. – Pp. 19-29. doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-19-29