

Вклад фундаментальных исследований в совершенствование селекционного процесса при создании сортов сои на Амуре

В. Т. СИНЕГОВСКАЯ

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Игнатьевское ш., 19, Благовещенск, 675027, Российская Федерация

Резюме. В статье представлены результаты фундаментальных исследований по генетике, биотехнологии, селекции, физиологии и биохимии, изучению биологических особенностей сои, направленных на создание в сложных природных условиях Дальнего Востока высокопродуктивных сортов, различающихся по хозяйственно ценным признакам, продолжительности вегетационного периода, обладающих устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. Показана история формирования и развития фундаментальных исследований в области селекции культуры за 55 лет работы ВНИИ сои, вклад выдающихся ученых прошлого века и научных сотрудников современности в создание новых сортов. Совместные исследования физиологов и генетиков в изучении дикой сои, разработка способов создания межвидовых гибридов и отбора гомозиготных генотипов позволили выделить уникальные формы, сочетающие в геноме высокую семенную продуктивность, скороспелость и повышенное содержание белка в семенах с другими хозяйственно ценными признаками. С 1968 г. селекционеры института совместно с сотрудниками лабораторий физиологии и биохимии растений, генетики и биотехнологии вывели более 95 сортов сои, получили 56 патентов и авторских свидетельств, в Государственный реестр селекционных достижений для использования в производстве на 2023 г. включено 34 сорта сои.

Ключевые слова: соя, сорт, репродукционный процесс, гидропоника, ферментативная активность, биотехнология, устойчивость растений, фотосинтетические процессы

Сведения об авторах: В. Т. Синеговская, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: valsino9@gmail.com).

Для цитирования: Синеговская В. Т. Вклад фундаментальных исследований в совершенствование селекционного процесса при создании сортов сои на Амуре // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. №6. С. 5–11. doi: 10.53859/02352451_2023_37_6_5.

The contribution of fundamental research to the improvement of the breeding process when creating soybean varieties on the Amur

V. T. Sinegovskaya

Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Ignat'evskoe sh., 19, Blagoveshchensk, Amurskaya obl., 675027, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of fundamental research in genetics, biotechnology, breeding, physiology and biochemistry, the study of the biological characteristics of soybeans, aimed at creating highly productive varieties in the difficult natural conditions of the Far East, differing in economically valuable traits, the duration of the growing season, which are resistant to unfavourable environmental factors. The history of the formation and development of fundamental research in the field of crop breeding over 55 years of work of the All-Russian Research Institute of Soybean, the contribution of outstanding scientists of the last century and modern researchers to the creation of new varieties are shown. Joint research of physiologists and geneticists in the study of wild soybeans, the development of methods for creating interspecific hybrids and selecting homozygous genotypes made it possible to identify unique forms that combine high seed productivity, early maturity, and increased protein content in seeds with other economically valuable traits in the genome. Since 1968, the institute's breeders, together with employees of the laboratories of plant physiology and biochemistry, genetics and biotechnology, have bred more than 95 soybean varieties, received 56 patents and copyright certificates, and 34 soybean varieties are included in the State Register of Breeding Achievements for use in production in 2023.

Keywords: soybean; variety; reproduction process; hydroponics; enzymatic activity; biotechnology; plant resistance; photosynthetic processes.

Author Details: V. T. Sinegovskaya, member of the RAS, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: valsino9@gmail.com).

For citation: Sinegovskaya VT. [The contribution of fundamental research to the improvement of the breeding process when creating soybean varieties on the Amur]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023;37(6):5–11. Russian. doi: 10.53859/02352451_2023_37_6_5.

История культуры сои уходит в далёкое прошлое, когда никто не мог и предположить, что она будет соседствовать на поле с пшеницей и горохом. И тем не менее приоритет в исследованиях дикой и культурной сои принадлежит русским учёным и путешественникам [1]. Невзрачный на вид «амурский бобик» привлек первого селекционера сои кандидата сельскохозяйственных наук, лауреата Государственной премии В.А. Золотницкого тем, что он успевал созреть за 100 дней амурского лета [2]. В.А. Золотницкий в те годы писал о сое: «ни одно растение в мире не может произвести за 100 дней столько белка и жира, сколько дает она. Ни одно растение в мире не может сравниться с ней по количеству производимых продуктов». Увидев в этой культуре большое будущее для народного хозяйства, он в 1927 г. начал целенаправленную работу по изучению биологии дикой и образцов местной сои, а в 1929 г. уже приступил к созданию амурского подвида. Изучение и

углубление селекционной работы в 1929–1931 гг. позволило В.А. Золотницкому выделить сорта сои Амурская 41 и Амурская 42, районированные в 1939 г. в Хабаровском крае и Амурской области [3], которые сыграли большую роль в расширении посевов этой культуры. Если в 1930 г. соя занимала 1,3 тыс. га, то уже в 1935 г. – 24 тыс. га, а в 1955 г. – 124 тыс. га. Китайские ученые отмечали устойчивость сорта Амурская 41 к повышенной влажности почвы, что позволяло выращивать его даже в заболоченной местности. При урожайности 2,0...2,2 т/га он превосходил местные китайские сорта по продуктивности и имел значительно меньший период вегетации. После отъезда В.А. Золотницкого из Амурской области, работу с селекционным материалом продолжили в конце 30-х гг. К.К. Малыш и Т.П. Рязанцева [1]. В 1940 г. был создан сорт Салют 216 с периодом вегетации менее 120 дней, что позволило снизить риск морозобоя растений и значительно расширить посевы [3]. В 50–70-е

гг. XX в., благодаря фундаментальным исследованиям по изучению биологии цветения сои, совершенствованию техники скрещивания, повышению эффективности искусственного внутривидового переопыления, исследованию стадий развития сои и оптимальных условий образования бобов, использованию методов вегетативных прививок были созданы сорта нового поколения Юбилейная, Амурская 283, Амурская 310, Амурская 313 и 314, Смена, Янтарная, ВНИИС 1, ВНИИС 2 с продуктивностью от 2,0 до 3,0 т/га и продолжительностью вегетации от 96 до 115 дней. Это позволило Амурской области стать основным соеосеющим регионом России. Посевные площади расширились до 650 тыс. га. Кроме того, сорта амурской селекции высевали в Поволжье, Зауралье, Черноземной зоне, Украине, Казахстане. В 70-е гг. с приходом в лабораторию кандидата биологических наук Лидии Карповны Малыш значительно активизировалась работа в направлении совершенствования методов селекции сои. Были освоены методы экспериментального химического и физического мутагенеза, использование которых позволило получать мутагены в качестве как новых сортов, так и источников ценных признаков для селекционного процесса [4]. Большой объем работ по изучению устойчивости сои к грибным болезням был выполнен иммунологом А.П. Дымовой [5]. Все сорта селекции ВНИИ сои, а также образцы культуры мирового генофонда, имеющиеся и вновь поступающие в коллекцию, оценивали в условиях естественного и искусственного заражения. Исследования выполняли в лабораторных и полевых опытах. В полевых условиях был создан заповольный участок с защитной зоной, на котором создавали инфекционные фоны по фузариозу, септориозу и филлостиктозу. Это позволило выявить источники устойчивости к грибным заболеваниям и рекомендовать их для вовлечения в селекционный процесс. В дальнейшем эти исследования продолжили Е.Н. Мельникова, Н.В. Ляшенко и другие сотрудники. В результате все сорта селекции института, в том числе создаваемые сегодня, обладают определённой устойчивостью к болезням. Исследования по оценке современных сортов сои на степень поражения болезнями сейчас проводятся под руководством старшего научного сотрудника А.А. Кузьмина, возглавляющего группу защиты растений. В результате наблюдения за распространением болезней на изучаемых 45 сортах и сортообразцах сои различного генетического происхождения установлены следующие заболевания сои: пероноспороз (*Peronospora manshurica*), септориоз (*Septoria glycines*), церкоспороз (*Cercospora sojae*), аскохитоз (*Ascochyta sojaecola*), фузариоз (*Fusarium oxysporum*), бактериоз (*Pseudomonas syringae*). Некоторые растения имели деформацию листьев, схожую с симптомами вируса MDV (*Milkvetch dwarf virus*). С начала вегетации до фазы четвертого узла на молодых листьях отдельных растений были зафиксированы единичные симптомы бактериоза. В фазе полного цветения наблюдали симптомы септориоза, церкоспороза и пероноспороза. На растениях канадских сортов Саска и Максус выявлена наибольшая плотность септориоза со степенью поражения соответственно 69,0 и 76,1 %, что по шкале ВИЗР характеризует их как «восприимчивый» и «сильно восприимчивый». Наибольшую плотность (21,3 %) церкоспороза отмечали на растениях Кассиди. Пероноспороз в большей степени поражал американский сортообразец AD-12 M (17,4 %) и канадский сорт Саска (18,1 %). Наибольшая плотность вируса MDV выявлена на растениях сортов американской селекции

AD-12M (10,3 %), AD-7 Daksoy (16,8 %) и канадского сорта Максус (21,9 %).

Сорта селекции ВНИИ сои характеризовались меньшей долей растений, имеющих визуально регистрируемые симптомы всех обнаруженных заболеваний, в пересчёте на их общее количество. У сортов Золушка, Статная и Невеста отмечали среднюю поражённость заболеваниями, которая составляла 3,0...3,3 %. Наибольшей средней поражённостью заболеваниями отличались растения американского сортообразца AD-12M (10, 4%) и канадских сортов Саска (13,8 %) и Максус (14,2 %).

В целом на сортах из Канады и США наблюдали симптомы пероноспороза, септориоза и вируса MDV при слабом поражении бактериальным ожогом и отсутствии симптомов фузариоза и аскохитоза. Сорта китайской селекции не проявляли полной устойчивости к какому-либо заболеванию и были поражены всеми отмеченными в опыте возбудителями, но в гораздо меньшей степени, чем генотипы из Канады и США. В частности, средняя поражённость сорта Хэй 11-1170 составила 4,4 %, что на 1,1 % больше, чем у сорта Невеста селекции ВНИИ сои. При этом такие заболевания, как фузариоз и аскохитоз, поражали только растения сортов китайской селекции. Наибольшая плотность вируса MDV была выявлена на растениях сортов американской селекции AD-12M № 0201 (10,3 %), AD-7 Daksoy (16,8 %) и канадского сорта Максус (21,9 %). Наибольшую среднюю поражённость заболеваниями отмечали на растениях американского сортообразца AD-12M (10, 4 %), канадских сортов Саска (13,8 %) и Максус (14,2 %). Проведенные исследования позволили выделить и рекомендовать селекционерам генотипы, которые можно использовать в селекционном процессе как источники устойчивости к определенным заболеваниям сои.

Амурская область – самая северная зона мирового возделывания сои, поэтому для региона особенно важна устойчивость сортов к низким температурам. В этой связи в 1980-е гг. сотрудники лабораторий селекции сои и физиологии провели большой объём исследований по изучению сортовой реакции культуры на пониженные температуры в период прорастания, кратковременное понижение ночных температур в период вегетации. Под руководством кандидата биологических наук Л.К. Малыш было установлено отсутствие существенных различий между сортами по скорости прорастания семян при 7 и 10 °C, а вот при температуре 4 °C эти различия были существенными [6, 7]. Наибольшей способностью адаптироваться к низким температурам (4 °C) и прорасти в этих условиях обладали сорта ВНИИС 2, Амурская 815, Смена, Северная 4, Амурская 357, Салют 216 и Амурская 41. Использование этих генотипов позволило селекционерам создать сорт Октябрь 70, который не только был одним из самых продуктивных, но и выгодно отличался от других генотипов по показателям устойчивости к пониженным температурам в период прорастания семян. Не менее важна устойчивость растений к изменению температурного режима почвы в период онтогенеза сои, что наблюдается в условиях региона довольно часто. Изучение этих процессов позволило выявить генотипические различия по отношению к скачкам температуры в период вегетации и использовать их в селекционном процессе при создании новых сортов, обладающих соответствующей устойчивостью [8]. Заведующий лабораторией физиологии сои, кандидат сельскохозяйственных наук В.В. Русаков и аспирант В.Т. Николаева установили отрицательное влияние понижения температуры почвы

в период вегетации сои на рост растений, образование клубеньков на корнях и синтез леггемоглобина в них [9].

Периоды цветения и формирования репродуктивных органов сои в Амурской области приходятся на длинный световой день продолжительностью 16...17 ч, что оказывает отрицательное влияние на длительность фаз роста и развития, высоту растений, ширину междоузлий и, в конечном итоге, на семенную продуктивность. Поэтому изучение биологических особенностей сортов важно не только для определения их хозяйственно ценных признаков, но и для создания своеобразного физиологического паспорта, в который входит морфофизиологический анализ исходного материала. Развитием этого направления в лаборатории физиологии занималась Э.Ф. Лопаткина [10]. Она не только освоила метод морфофизиологического анализа, но и усовершенствовала его применительно к культуре сои [11]. Сегодня такой подход широко используют при подборе родительских пар. В современных условиях в лаборатории физиологии и биохимии растений аспиранты В.В. Очкурова и А.Н. Лёвина с 2019 г. изучают органогенез современных сортов сои. С использованием методики Э.Ф. Лопаткиной по количественному учёту репродуктивных органов сои молодые сотрудники получают сведения о процессе их образования и опадения не только в целом по растению, но и по ярусам. Динамика развития репродуктивных органов у сортов нового поколения – Сентябринка, Кружевница, Китросса, Статная, Золушка и др., изучена в зависимости от способов посева, продолжительности светового дня, погодных-климатических условий, установлена взаимосвязь этих процессов с биологическими особенностями сорта [12, 13]. Доказано преимущество широкоярдного способа на 45 см для сортов Сентябринка, Китросса и Кружевница. В широкоярдных посевах абортивность завязей бобов была меньше, чем в рядовом, у сорта Сентябринка на 12,6 %, Китросса – 9,3, Кружевница – 16,9 %. Опадение бобов при посеве на 45 см у сорта Сентябринка составило 17,9 %, Китросса и Кружевница – 25 %. У сорта Кружевница абортивность семян в бобах при ширине междурядий 15 см была на 2,9 % выше, чем у растений, возделываемых широкоярдным способом [14]. Установлена тесная корреляция биологической урожайности с количеством бобов и семян, а также массой семян с растения. Коэффициенты парной корреляции биологической урожайности с количеством бобов и семян, массой семян на растении варьируют в зависимости от сорта и способа посева от 0,45 до 0,96 ($r_{\text{крит.}} = 0,57$). Увеличение урожайности всех изученных сортов при широкоярдном способе посева, по сравнению с выращиванием рядовым способом на 15 см, на 1,12...1,53 т/га обусловлено большим количеством репродуктивных органов и меньшей их абортивности в течение всего периода вегетации.

Изучением особенностей роста и развития сои в зависимости от условий выращивания в 1971–1975 гг. занимался старший научный сотрудник А.А. Жарких. В вегетационных опытах он изучал особенности физиолого-биохимических процессов в растениях сои в зависимости от режима питания и водоснабжения. Была определена интенсивность транспирации по фазам роста и развития сои у сортов Амурская 310 и Северная 4. В 1980–1985 гг. под руководством кандидата сельскохозяйственных наук Л.П. Шалуновой в полевых и лабораторных опытах изучали устойчивость сортов сои к Al- и Mn-токсичности, повышенной кислотности. Были выявлены сорта и сортообразцы с различной устойчивостью к изучаемым факторам [1].

В конце 80-х гг. XX в. были развёрнуты исследования по генной инженерии и биотехнологии. Работу вели по двум направлениям: совершенствование методов культивирования пыльников и разработка методов оптимизации питательной среды для каллусогенеза различных эксплантов сои. Над этой проблемой работали кандидаты биологических наук Т.В. Донцова и В.П. Соловьёв. В дальнейшем исследования прекратили и возобновили только в 2019 г., когда под руководством и.о. директора ВНИИ сои М.О. Синеговского в рамках национального проекта «Наука» создали две молодёжные лаборатории (физиология растений и биотехнология), закупили современное оборудование и начали освоение новых методов молодыми учеными. Под руководством доктора биологических наук, профессора Л.Е. Иваченко в лаборатории биотехнологии были начаты исследования генома культурной и дикой сои. Для использования молекулярно-генетических методов необходимы маркеры, с использованием которых можно контролировать экспрессию генов [15]. Среди белковых маркеров наиболее широко используются изоферментные системы, в частности множественные формы ферментов [16, 17]. Это направление исследований возглавила кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории С. И. Лаврентьева. На первом этапе работы лаборатории была поставлена одна из актуальнейших задач агробиотехнологии – изучить устойчивость растений сои к абиотическим и биотическим факторам [18, 19, 20].

Трёхлетнее изучение удельной активности и множества форм ферментов, биохимического состава семян сортов культурной сои для подбора наиболее устойчивого сорта к грибным болезням (церкоспорозу и септориозу) с использованием белковых маркеров позволили установить, что рибонуклеазы, эстеразы и супероксиддисмутазы обладают высоким уровнем полиморфизма, селективным нейтральным поведением (по отношению к исследуемым сортам сои), что позволяет использовать их в качестве источников белковых маркеров [21, 22]. Процессы адаптации сортов сои определяли путем изучения энзимологии сои, микросателлитных ДНК на основе выделения ДНК, амплификации и электрофореза. Проведение ПЦР-анализов (Real-time) для определения генетически модифицированной ДНК у сортов сои селекции ФНЦ ВНИИ сои и зарубежной продемонстрировало отсутствие трансгенной сои [23].

На сегодняшний день изучен молекулярно-генетический полиморфизм микросателлитов ДНК дикой и культурной сои, усовершенствована система маркеров для идентификации и паспортизации генотипов, апробированы праймеры SSR-маркеров, связанных с устойчивостью сои к церкоспорозу [24]. Проводимые исследования открывают широкие перспективы для ускоренного создания новых сортов, устойчивых к неблагоприятным погодным условиям и вредным организмам. Сегодня лаборатория биотехнологии ФНЦ ВНИИ сои продолжает активно развиваться: начаты исследования по секвенированию генома сортов сои селекции ВНИИ сои и созданию на этой основе соответствующих праймеров для защиты авторских прав ученых института, минимизации фальсификата на рынке семян, оптимизации селекционного процесса.

В 2022 г. по гранту РНФ фонда «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» начато изучение молекулярно-генетического полиморфизма, морфологических и хозяйственно

ценных признаков коллекционных форм дикой сои с целью выделения перспективных источников – доноров хозяйственно полезных признаков для дальнейшего включения в селекционную программу создания новых сортов сои.

Процесс формирования урожая с точки зрения участия в нем, как внутренних, так и внешних факторов, обеспечивающих реализацию потенциала сорта, созданного в определенных условиях выращивания, достаточно длителен и многообразен. Один из основных факторов, играющих ведущую роль в формировании урожая сельскохозяйственных растений, – фотосинтез [25, 26]. В этой связи изучением фотосинтетической активности растений во ВНИИ сои занимались на протяжении многих лет, начиная с 1968 г., научные сотрудники А.А. Жарких, Э.М. Лопаткина, Л.П. Шалунова, В.В. Русаков, С.С. Неробелова, В.Т. Синеговская, П.Н. Разанцев, Н.Б. Шпилёв, М.В. Толмачёв, Душко О.С. и др. [1]. В рамках этих исследований изучали реакцию сои на интенсивность света и зависимость урожайности семян от степени освещённости растений в период цветения – образования бобов; фотосинтетическую активность сои в зависимости от условий выращивания; взаимосвязь фотосинтетической деятельности посевов с активностью симбиоза, урожайностью и белковой продуктивностью. Это позволило определить условия, благодаря которым можно формировать посевы, способные не только поглощать наибольшее количество энергии фотосинтетически активной части солнечной радиации, но и обеспечить максимально высокий коэффициент её использования на фотосинтез, образование общей и хозяйственно полезной части урожая. Основной фотосинтезирующий орган сои – лист, поэтому исследования направлены на изучение его фотосинтезирующей поверхности. В современных условиях получать научные данные о фотосинтетической деятельности и состоянии растений можно с использованием флуоресцентных методов [27, 28, 29]. Портативные цифровые приборы дают возможность измерять величину поглощённой световой энергии, обеспечивающую фотосинтетическую продуктивность растений, в полевых условиях. С приобретением в 2010 г. портативного анализатора эффективности фотосинтеза импульсного флуориметра MINI-PAM («Heinz Walz GmbH», Германия) под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Синеговской В.Т. были развернуты исследования по изучению квантового выхода фотосинтеза (Φ), который характеризует количество усвоенных фотонов, пошедших на фотохимические процессы, от общего их количества, поступившего в систему (F_v/F_m), и квантового выхода флуоресценции (F), который показывает количество фотонов, излученных в виде флуоресценции. Это позволяет определять степень поглощения фотонов листьями растений различных сортов сои и оценивать работу фотосистемы II. В процессе многолетнего изучения генетической коллекции сои, в состав которой входили дикие формы, а также культурные сорта и гибриды, созданные во ВНИИ сои, были выделены сорта и сортообразцы с высоким уровнем усвоения фотосинтетически активной части спектра дневного света, которые передавали для включения в селекционный процесс [30]. Совместная работа физиологов и селекционеров увенчалась созданием нового сорта Лучистая с высоким уровнем поглощения фотосинтетически активных квантов света. Он обладает скороспелостью, превышает стандарт по урожайности на 0,33 т/га, потенциал его продуктивности составляет более 3 т/га. Сорт устойчив

к распространенным патогенам, переувлажнению и полеганию, отличается повышенной фотосинтетической активностью листового аппарата. В 2021–2022 гг. он прошёл Госсортоиспытание и включён в Госреестр селекционных достижений для использования в производстве с 2023 г. по 12 регион.

На создание нового сорта классическими методами селекции требуется 15...20 лет. Основываясь на том, что растения культуры хорошо переносят повышенную влажность почвы, одновременно увеличивая не только вегетативную массу, но и урожайность семян [31], в лаборатории физиологии и биохимии растений в 2019 г. было предложено выращивать гибриды в условиях гидропоники. Были подобраны оптимальный субстрат, уровень освещённости растений для протекания фотосинтеза и минеральный раствор с соотношением элементов питания, соответствующим биологическим особенностям сои, что обеспечивало получение полноценных семян сои. Научный сотрудник, аспирант ХФИЦ ДВО РАН Н.Г. Калицкая предоставляла семена промежуточных поколений гибридов дикой сои с сортом Китросса, которые в зимний период выращивали в лабораторных условиях на гидропонных установках, а урожай их семян передавали для посева в питомниках лаборатории селекции. За 2 года такой работы вместо двух было выращено четыре поколения гибридов дикой сои с культурной. Совместные исследования физиологов и генетиков по изучению дикой сои, разработка способов получения межвидовых гибридов и отбора гомозиготных генотипов позволили выделить уникальные формы, сочетающие в геноме высокую семенную продуктивность и скороспелость, повышенное содержание белка с другими ценными признаками [32]. В целом, использование гидропонного метода выращивания сои позволяет ускорить создание сортов, как минимум, в 2 раза.

Изучение селекционного процесса сои показало, что с использованием в скрещиваниях мутантов, мутанто-гибридов, сочетанием форм местной селекции, в том числе дикой уссурийской сои *Glycine ussuriensis*, с географически отдаленными формами можно получать высокопродуктивные генотипы с различными морфологическими признаками. Многолетнее изучение биологических и физиологических особенностей растений гибридов с новой архитектурной куста и особенностями формирования репродуктивных органов, включение их в селекционный процесс позволили старшему научному сотруднику Фокиной Е.М. создать сорт, который получил название Кружевница, и защитить кандидатскую диссертацию по этому направлению исследований. Такое название дано не случайно, поскольку растения имеют не тройчатый лист, а лист с 5...9 листовыми пластинками [33]. Уникальность сорта заключается в наличии маркерных признаков многолисточковости и войлочного опушения, которые отличают его от всех других сортов, возделываемых в регионе и в России. Скороспелый сорт Кружевница, включённый в Госреестр селекционных достижений в 2018 г., обладает высокой фотосинтетической активностью, характеризуется стабильной урожайностью (не менее 3,0 т/га) и устойчивостью к переувлажнению почвы.

При создании сортов, обладающих устойчивостью к неблагоприятным и стрессовым факторам среды, необходимо изучение иммунной системы растений. Для решения этой задачи можно, в частности, использовать методы определения активности ферментов, так как именно они контролируют и отвечают за саморегуляцию

метаболизма в онтогенезе растений. Исследования в этом направлении начаты в институте по инициативе доктор биологических наук Л.Е. Иванченко совместно с сотрудниками ВНИИ сои в начале XXI в. Но широкое

развитие они получили с приходом на работу Марии Михайловой, которая продолжает такие исследования и сегодня. Значительное место в этой работе занимает поиск новых биологических препаратов для сои, обеспечивающих экологическую безопасность и устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды для сохранения и повышения урожайности культуры независимо от воздействия стрессов. Результаты проведенных исследований позволили доказать возможность определения устойчивости сортов по удельной активности ферментов и выявить сорта селекции ВНИИ сои, устойчивые к вредному воздействию гербицидов, а также неблагоприятных погодных факторов. Изучение эффективности биопрепаратов, выделенных из листьев даурской, БиоЛарикс и ЭкстраКор, а также Бетулина, получаемого из коры березы, с использованием пероксидазы в качестве маркера продемонстрировало их роль в адаптации растений сои к воздействию неблагоприятных факторов среды и применению гербицидов. Кроме того, выявлены биологически активные вещества растительного происхождения, повышающие устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды [34, 35, 36]. Более высокая удельная активность ферментов отмечена в семенах дикой сои. По результатам проведенных морфологических и биохимических исследований дикой сои выявлена стабильность линий КБ-49 и КБ-104, полученных из Белогорского района. Они рекомендованы для использования в селекционном процессе при создании сортов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды.

Возделывание сои в Амурской области ведется в условиях муссонного климата, когда в июле и августе, как правило, наблюдается выпадение обильных осадков [37]. При этом длительное переувлажнение, приводящее к затоплению посевов, становится серьезным фактором уменьшения урожайности, что повышает необходимость создания сортов, устойчивых к этому стрессу. Определение устойчивости сои к длительному затоплению долгое время проводили в полевых условиях в зависимости от погодных условий. После организации лаборатории физиологии растений эти исследования с 2020 г. осуществляются в лабораторных условиях. Появилась возможность

Таблица. Количество патентов, полученных ВНИИ сои

Год	Патент на изобретение, шт.	Количество созданных сортов, шт.	Патент или авторское свидетельство на сорт, шт.
1968–1988	25	16	8
1989–2008	44	14	8
2009–2018	96	50	26
2019–2023	35	15	15

определять устойчивость сортов к этому стрессовому фактору по изменению реакции фотосинтетической системы растений сои на стресс, вызванный затоплением. Изучение динамики содержания хлорофиллов *a* и *b* и их соотношения в листьях сортов сои в зависимости от продолжительности затопления позволило физиологам выявить критерии устойчивости растений к этому фактору и провести соответствующую оценку. Разработанный способ определения устойчивости сортов сои к затоплению признан изобретением.

В полевых условиях ведется оценка сортообразцов на содержание хлорофилла в листьях, что позволяет выделять формы с высокими величинами этого показателя для включения в селекционный процесс. Установлена обратная взаимосвязь между изменениями влажности почвы и содержанием хлорофилла *a* и *b* в листьях сортов сои ВНИИС 18, Грэй, Золотница и Евгения. Снижение влагообеспеченности почвы под влиянием малого количества осадков в период формирования бобов (R_4) привело к увеличению содержания хлорофилла *a* и *b* в листьях растений сои.

Благодаря фундаментальным исследованиям по генетике, биотехнологии, селекции, физиологии, биохимии, фитопатологии, а также изучению биологических особенностей сои в институте создаются сорта, различающиеся по своим хозяйственно ценным признакам и продолжительности вегетационного периода, способные в сложных природных условиях Дальнего Востока формировать высокие урожаи семян. За 55 лет ученые института создали более 95 сортов сои, получили 57 патентов и авторских свидетельств, в Государственный реестр селекционных достижений на 2023 г. включено 34 сорта сои селекции ВНИИ сои (см. табл.).

В современных условиях, несмотря на постоянные реформы в сельском хозяйстве, управлении и финансировании наукой, работа института не угасает. В проведении исследований принимают участие магистры, аспиранты и соискатели учёных степеней. В последние годы широко проводятся интегрированные исследования с НИУ других министерств и ведомств страны, а также зарубежными НИИ, что позволяет решать многие научные проблемы.

Литература.

1. Синеговская В. Т., Клеткина О. О. История развития аграрной науки на Амуре. Благовещенск: ОДЕОН, 2018. 200 с.
2. Золотницкий В. А. Соя на Дальнем Востоке. Хабаровск: Хабаровское книжное издательство, 1962. 248 с.
3. Малыш К. К., Рязанцева Т. П. Об итогах селекции зерновой сои на Амурской опытной станции // Труды Амурской сельскохозяйственной опытной станции. Благовещенск: Хабаровское книжное издательство, 1965. Т. 1. С. 27–34.
4. Ващенко А. П., Мудрик Н. В., Фисенко П. П. Соя на Дальнем Востоке: монография / под ред. А. К. Чайка. Владивосток: Дальнаука, 2010. 435 с.
5. Дега Л. А. Болезни и вредители сои на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2012. 97 с.
6. Малыш Л. К., Малышев К. С. Устойчивость амурских сортов сои к низким положительным температурам в период прорастания. Новосибирск: НТБ СО ВАСХНИЛ, 1988. Вып. 4. С. 3–9.
7. Малышев К. С. Динамика прорастания сортов сои при низкой положительной температуре // Приёмы регулирования продуктивности сои. Новосибирск: Редакционно-полиграфическое объединение СО ВАСХНИЛ, 1987. С. 61–66.
8. Малыш Л. К., Малышев К. С. Сортовая реакция сои на кратковременные понижения температуры в период налива бобов // Приёмы повышения продуктивности в соеводстве. Новосибирск: Редакционно-полиграфическое объединение СО ВАСХНИЛ, 1991. С. 3–9.
9. Русаков В. В., Николаева В. Т. Влияние условий возделывания сои на формирование клубеньков и их активность // Биология, селекция и генетика сои. Новосибирск: Редакционно-полиграфическое объединение СО ВАСХНИЛ, 1986. С. 134–143.

10. Лопаткина Э. Ф. Разработка метода морфо-физиологического анализа при оценке исходного материала в селекции сои // Селекция сои на Дальнем Востоке. Новосибирск: Редакционно-полиграфическое объединение СО ВАСХНИЛ, 1990. С. 23–26.
11. Лопаткина Э. Ф. Методика количественного учёта репродуктивных органов сои // Частные вопросы генетики, биологии и физиологии сои: научно-технический бюллетень СО ВАСХНИЛ. Новосибирск: Редакционно-издательский центр СО ВАСХНИЛ, 1977. Вып. 7, 8. С. 34–42.
12. Sinegovskaya V. T., Ochкурова V. V., Boiarskii B. S. Effect of growing conditions on the formation of reproductive organs in soybean varieties with different maturity dates // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol 547. Article 012038. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/547/1/012038/pdf> (дата обращения: 15.01.2023). doi: 10.1088/1755-1315/547/1/012038.
13. Левина А. Н. Продолжительность длины светового дня и формирование репродуктивных органов у среднеспелого сорта сои Китросса // Материалы международной научной конференции «Агрофизический институт: 90 лет на службе земледелия и растениеводства». Санкт-Петербург: АФИ, 2022. С. 363–367.
14. Синеговская В. Т., Очкурова В. В. Роль способа посева в формировании репродуктивных органов и урожайности семян сортов сои // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 12–17. doi: 10.31857/2500-2082/2022/6/12-17.
15. Салина Е. А. Технологии геномного моделирования и редактирования для решения задач селекции растений // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 9. С. 9–14.
16. Чесноков Ю. В. Биохимические маркеры в генетических исследованиях культурных растений: применимость и ограничения // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 5. С. 863–874. doi: 10.15389/agrobiology.2019.5.863rus.
17. Evaluation of soybean (*Glycine max* L.) genotypes on the basis of biochemical contents and anti-oxidant enzyme activities / A. Sharma, M. K. Tripathi, S. Tiwari, et al. // Legume Research. 2021. No. 44. P. 1419–1429. doi: 10.18805/LR-4678.
18. Biochemical adaptation of wild and cultivated soybean against toxicity of lead salts / S. I. Lavrent'yeva, D. K. Chernyshuk, N. V. Martinenko, et al. // Environmental Toxicology and Pharmacology. 2020. Vol. 79. Article 103429. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1382668920301058?via%3Dihub> (дата обращения: 25.02.2023). doi: 10.1016/j.etap.2020.103429.
19. Изменение окислительных процессов в проростках сои под действием тяжелых металлов / В. Т. Синеговская, О. А. Терехова, С. И. Лаврентьева и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 6. С. 27–30. doi: 10.31857/S2500-26272019627-30/.
20. Влияние *Septoria glycines* Hemmi на активность гидролитических ферментов сои сорта Лидия / С. И. Лаврентьева, Л. Е. Иваченко, Д. К. Чернышук и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 33–38. doi: 10.2441/1/0235-2451-2020-10805.
21. Martynenko N., Lavrent'yeva S., Tarasova O. Influence of *Septoria glycines* Hemmi on the enzymes' activity of hydrolytic *Glycine max* (L.) Merr seed complex // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 254. Article 02020. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/30/e3sconf_farba2021_02020.pdf (дата обращения: 02.03.2023). doi: 10.1051/e3sconf/202125402020.
22. Влияние грибковых болезней на биохимический состав семян сои / О. Н. Тарасова, С. И. Лаврентьева, Г. А. Кодирова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 8. С. 9–13. doi: 10.53859/02352451_2021_35_8_9.
23. Исследование генома сои на наличие генетически модифицированных конструкций методом ПЦП real-time / Л. Е. Иваченко, О. Н. Тарасова, Н. В. Мартыненко и др. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2022. № 1 (221). С. 113–119.
24. Подбор микросателлитных локусов ДНК для создания молекулярно-генетических паспортов диких форм и сортов сои амурской селекции / О. Н. Бондаренко, А. А. Блинова, Л. Е. Иваченко и др. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2022. № 2 (222). С. 37–48. doi: 10.37102/0869-7698_2022_222_02_3.
25. Тимирязев К. А. Солнце, жизнь и хлорофилл. Избранные сочинения в 4 томах. М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948. Т. 1. С. 388–389.
26. Колотмейченко В. В., Беденко В. П. Теория продукционного процесса растений и фитоценоза // Вестник ОрелГАУ. 2008. № 4. С. 17–21.
27. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла а – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений / В. Н. Гольцев, М. Х. Каладжи, М. А. Кузманова и др. М., Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. 220 с.
28. Beececraft L., Watson S. B., Smith R. E. H. Multi-wavelength Pulse Amplitude Modulated fluorometry (Phyto-PAM) reveals differential effects of ultraviolet radiation on the photosynthetic physiology of phytoplankton pigment groups // Freshwater biology. 2017. Vol. 62. No. 1. P. 72–86. doi: 10.1111/fwb.12850.
29. Chlorophyll fluorescence analysis in diverse rice varieties reveals the positive correlation between the seedlings salt tolerance and photosynthetic efficiency / Y. C. Tsai, K. C. Chen, T. S. Cheng, et al. // BMC Plant biology. 2019. Vol. 19. Article 403. URL: <https://bmcpplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-019-1983-8> (дата обращения: 10.04.2023).
30. Синеговская В. Т., Душко О. С. Исследование фотосинтетических процессов сортов сои амурской селекции // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 3. С. 54–56.
31. Ануфриева И. В. Гидропоника как перспективный способ культивирования и ускорения процесса создания сортов сои // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2019. № 3 (205). С. 69–72. doi: 10.25808/08697698.2019.205.3.012.
32. Калицкая Н. Г., Синеговская В. Т. Оценка межвидовых и внутривидовых гибридов сои первого поколения // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 6. С. 4–7. doi: 10.30850/vrsn/2021/6/4-7.
33. Каталог сортов сои / Е. М. Фокина, Г. Н. Беляева, М. О. Синеговский и др. Благовещенск: ОДЕОН, 2021. 69 с.
34. Михайлова М. П., Синеговская В. Т. Роль биологически активных веществ в повышении качества семян сои // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 280–283.
35. Михайлова М. П., Синеговская В. Т. Роль биологически активных веществ в повышении устойчивости растений сои к неблагоприятным факторам среды // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 9–12.
36. Михайлова М. П. Роль пероксидазы в повышении устойчивости растений сои к неблагоприятным факторам // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2019. № 3 (205). С. 139–144.
37. Синеговская В. Т. Посевы сои в Приамурье как фотосинтезирующие системы. Благовещенск: Зея, 2005. С. 6–7.

References

1. Sinegovskaya VT, Kletkina OO. Istoriya razvitiya agrarnoi nauki na Amure [History of the development of agricultural science on the Amur]. Blagoveshchensk (Russia): ODEON; 2018. 200 p. Russian.
2. Zolotnitskii VA. Soya na Dal'nem Vostoke [Soybean in the Far East]. Khabarovsk (Russia): Khabarovskoe knizhnoe izdatel'stvo; 1962. 248 p. Russian.
3. Malyshev KK, Ryazantseva TP. [On the results of grain soybean breeding at the Amur Experimental Station]. In: Trudy Amurskoi sel'skokhozyaistvennoi opytnoi stantsii [Proceedings of the Amur Agricultural Experimental Station]. Blagoveshchensk (Russia): Khabarovskoe knizhnoe izdatel'stvo; 1965. vol. 1, p. 27–34. Russian.
4. Vashchenko AP, Mudrik NV, Fisenko PP, authors; Chaika AK, editor. Soya na Dal'nem Vostoke: monografiya [Soybean in the Far East: Monograph]. Vladivostok (Russia): Dal'nauka; 2010. 435 p. Russian.
5. Dega LA. Bolezni i vrediteli soi na Dal'nem Vostoke [Diseases and pests of soybean in the Far East]. Vladivostok (Russia): Dal'nauka; 2012. 97 p. Russian.
6. Malyshev LK, Malyshev KS. Ustoichivost' amurskikh sortov soi k nizkim polozhitel'nym temperaturam v period prorastaniya [Resistance of

- Amur soybean varieties to low positive temperatures during germination]. Novosibirsk (Russia): NTB SO VASKhNIL; 1988. vol. 4, p. 3-9. Russian.
7. Malyshev KS. [Soybean varieties germination dynamics at low positive temperature]. In: Priemy regulirovaniya produktivnosti soi [Soybean productivity management practices]. Novosibirsk (Russia): Redaktsionno-poligraficheskoe ob"edinenie SO VASKhNIL; 1987. p. 61-6. Russian.
 8. Malyshev KS. [Soybean varietal response to short-term temperature drops during the bean-filling period]. In: Priemy povysheniya produktivnosti v soevodstve [Techniques for increasing productivity in soybean farming]. Novosibirsk (Russia): Redaktsionno-poligraficheskoe ob"edinenie SO RASKhN; 1991. p. 3-9. Russian.
 9. Rusakov VV, Nikolaeva VT. [Influence of soybean cultivation conditions on the formation of nodules and their activity]. In: Biologiya, selektsiya i genetika soi [Biology, breeding and genetics of soybean]. Novosibirsk (Russia): Redaktsionno-poligraficheskoe ob"edinenie SO VASKhNIL; 1986. p. 134-43. Russian.
 10. Lopatkina EF. [Development of a method for morpho-physiological analysis in the evaluation of the source material in soybean breeding]. In: Seleksiya soi na Dal'nem Vostoke [Soybean breeding in the Far East]. Novosibirsk (Russia): Redaktsionno-poligraficheskoe ob"edinenie SO VASKhNIL; 1990. p. 23-6. Russian.
 11. Lopatkina EF. [Methodology for quantitative accounting of soybean reproductive organs]. In: Chastnye voprosy genetiki, biologii i fiziologii soi: nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL [Particular questions of genetics, biology and physiology of soybean: Scientific and technical bulletin of SB VASKhNIL]. Novosibirsk (Russia): Redaktsionno-izdatel'skii tsentr SO VASKhNIL; 1977. vol. 7, 8; p. 34-42. Russian.
 12. Sinogovskaya VT, Ochкурова VV, Boiarskii B. S. Effect of growing conditions on the formation of reproductive organs in soybean varieties with different maturity dates. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [Internet]. 2020 [cited 2023 Jan 15];547: Article 012038. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/547/1/012038/pdf>. doi: 10.1088/1755-1315/547/1/0120.
 13. Levina AN. [The length of daylight hours and the formation of reproductive organs in the mid-season soybean cultivar Kitross]. In: Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Agrofizicheskii institut: 90 let na sluzhbe zemledeliya i rastenievodstva» [Proceedings of the international scientific conference "Agrophysical Institute: 90 years in the service of agriculture and crop production"]. St. Petersburg: AFI; 2022. p. 363-7. Russian.
 14. Sinogovskaya VT, Ochкурова VV. [Role of the sowing method in the formation of reproductive organs and seed yield of soybean varieties]. Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2022;(6):12-7. Russian. doi: 10.31857/2500-2082/2022/6/12-17.
 15. Salina EA. [Genomic modelling and editing technologies for solving plant breeding problems]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016;30(9):9-14. Russian.
 16. Chesnokov YuV. [Biochemical markers in genetic studies of cultivated plants: Applicability and limitations]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019;54(5):863-74. Russian. doi: 10.15389/agrobiologiya.2019.5.863rus.
 17. Sharma A, Tripathi MK, Tiwari S, et al. Evaluation of soybean (Glycine max L.) genotypes on the basis of biochemical contents and anti-oxidant enzyme activities. Legume Research. 2021;(44):1419-29. doi: 10.18805/LR-4678.
 18. Lavrent'eva SI, Chernyshuk DK, Martinenko NV, et al. Biochemical adaptation of wild and cultivated soybean against toxicity of lead salts. Environmental Toxicology and Pharmacology [Internet]. 2020 [cited 2023 Feb 25];79: Article 103429. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1382668920301058?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.etap.2020.103429.
 19. Sinogovskaya VT, Terekhova OA, Lavrent'eva SI, et al. Izmenenie oksilitel'nykh protsessov v prorstokakh soi pod deistviem tyazhelykh metallov. Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2019. № 6. S. 27–30. Russian. doi: 10.31857/S2500-26272019627-30/.
 20. Lavrent'eva SI, Ivachenko LE, Chernyshuk DK, et al. [Effect of Septoria glycines Hemmi on the activity of hydrolytic enzymes of soybean cv. Lydia]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020;34(8):33-8. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10805.
 21. Martynenko N, Lavrent'eva S, Tarasova O. Influence of Septoria glycines Hemmi on the enzymes' activity of hydrolytic Glycine max (L.) Merr seed complex. E3S Web of Conferences [Internet]. 2021 [cited 2023 Mar 2];254: Article 02020. Available from: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/30/e3sconf_farba2021_02020.pdf. doi: 10.1051/e3sconf/202125402020.
 22. Tarasova ON, Lavrent'eva SI, Kodirova GA, et al. [Influence of fungal diseases on the biochemical composition of soybean seeds]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021;35(8):9-13. Russian. doi: 10.53859/02352451_2021_35_8_9.
 23. Ivachenko LE, Tarasova ON, Martynenko NV, et al. [Study of the soybean genome for the presence of genetically modified constructs by real-time PCR]. Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk. 2022;(1):113-9. Russian.
 24. Bondarenko ON, Blinova AA, Ivachenko LE, et al. [Selection of microsatellite DNA loci for creating molecular genetic passports of wild forms and varieties of Amur soybean breeding]. Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk. 2022;(2):37-48. Russian. doi: 10.37102/0869-7698_2022_22_02_3.
 25. Timiryazev KA. Solntse, zhizn' i khlorofill. Izbrannye sochineniya v 4 tomakh [Sun, life and chlorophyll. Selected works in 4 volumes]. Moscow: OGIZ-SEL'KHOZGIZ; 1948. vol. 1, p. 388-9. Russian.
 26. Kolomeichenko VV, Bedenko VP. [Theory of the production process of plants and phytocenosis]. Vestnik OrelGAU. 2008;(4):17-21. Russian.
 27. Gol'tsev VN, Kaladzhii MKh, Kuzmanova MA, et al. Peremennaya i zamedlennaya fluorestsentsiya khlorofilla a – teoreticheskie osnovy i prakticheskoe prilozhenie v issledovanii rastenii [Variable and delayed fluorescence of chlorophyll a: Theoretical foundations and practical application in plant research]. Moscow, Izhevsk (Russia): Institut komp'yutemykh issledovaniy; 2014. 220 p. Russian.
 28. Beecraft L, Watson SB, Smith REH. Multi-wavelength Pulse Amplitude Modulated fluorometry (Phyto-PAM) reveals differential effects of ultraviolet radiation on the photosynthetic physiology of phytoplankton pigment groups. Freshwater biology. 2017;62(1):72-86. doi: 10.1111/fwb.12850.
 29. Tsai YC, Chen KC, Cheng TS, et al. Chlorophyll fluorescence analysis in diverse rice varieties reveals the positive correlation between the seedlings salt tolerance and photosynthetic efficiency. BMC Plant biology [Internet]. 2019 [cited 2023 Apr 10];19: Article 403. Available from: <https://bmcpplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-019-1983-8>.
 30. Sinogovskaya VT, Dushko OS. [Study of photosynthetic processes of soybean varieties of Amur breeding]. Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2017;(3):54-6. Russian.
 31. Anufrieva IV. [Hydroponics as a promising way of cultivating and accelerating the process of developing soybean varieties]. Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk. 2019;(3):69-72. Russian. doi: 10.25808/08697698.2019.205.3.012.
 32. Kalitskaya NG, Sinogovskaya VT. [Evaluation of interspecific and intraspecific hybrids of soybeans of the first generation]. Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2021;(6):4-7. Russian. doi: 10.30850/vrsn/2021/6/4-7.
 33. Fokina EM, Belyaeva GN, Sinogovskii MO, et al. Katalog sortov soi [Catalog of soybean varieties]. Blagoveshchensk (Russia): ODEON; 2021. 69 p. Russian.
 34. Mikhailova MP, Sinogovskaya VT. [Role of biologically active substances in improving the quality of soybean seeds]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta. 2018;(72):280-3. Russian.
 35. Mikhailova MP, Sinogovskaya VT. [Role of biologically active substances in increasing the resistance of soybean plants to adverse environmental factors]. Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019;(6):9-12. Russian.
 36. Mikhailova MP. [Role of peroxidase in increasing the resistance of soybean plants to adverse factors]. Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk. 2019;(3):139-44. Russian.
 37. Sinogovskaya VT. Posevy soi v Priamur'e kak fotosinteziruyushchie sistemy [Soybean crops in the Amur region as photosynthetic systems]. Blagoveshchensk (Russia): Zeya; 2005. p. 6-7. Russian.