

*На правах рукописи*

**Шафигуллин Дамир Рамисович**

УДК 635.656 : 631.52

**АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ ИНТРОДУКЦИИ СОИ ОВОЩНОЙ (*GLYCINE MAX L.*) В  
УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЫ**

Специальности: 06.01.09 – овощеводство  
06.01.05 – селекция и семеноводство  
сельскохозяйственных растений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва 2019

**Диссертационная работа** выполнена в лаборатории физиологии и биохимии, интродукции и функциональных продуктов ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» и в Агробиотехнологическом департаменте Аграрно-технологического института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» в 2015-2019 годах.

**Научные руководители:**

член-корреспондент РАН, доктор биологических наук,  
заведующий лабораторией физиологии и биохимии,  
интродукции и функциональных продуктов  
Федерального научного центра овощеводства

**Гинс Мурат Сабирович**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент Агробиотехнологического департамента  
Аграрно-технологического института  
Российского университета  
дружбы народов

**Романова Елена Валерьевна**

**Официальные оппоненты:**

член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук,  
научный руководитель Федерального научного  
центра зернобобовых и крупяных культур

**Зотиков Владимир Иванович**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства  
Института семеноводства и агротехнологий  
Федерального научного  
агроинженерного центра ВИМ

**Гуреева Елена Васильевна**

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К. А. Тимирязева»

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г. в «\_\_» часов \_\_ минут на заседании диссертационного совета Д 220.019.02, созданного на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» по адресу: 143080, Московская область, Одинцовский район, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14, сектор защиты диссертаций.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ ФНЦО и на сайте [www.vniissok.ru](http://www.vniissok.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года

Ученый секретарь совета по защите  
докторских и кандидатских диссертаций  
Д 220.019.02 доктор с.-х. наук, ст.н.с.

**Бондарева Людмила Леонидовна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В России существует проблема дефицита белка в питании населения, одним из решений которой является интродукция высокобелковых сельскохозяйственных культур, в том числе сои овощной. Уникальное сочетание биохимических компонентов даёт возможность использовать сою овощного типа для производства пищевой продукции: соевые молочные продукты, сыр-тофу, соусы, проростки, свежие, замороженные и консервированные бобы. Содержание в семенах белка, масла, фенольных соединений привлекает внимание ученых, представителей АПК, перерабатывающей, пищевой, фармацевтической промышленности. В связи с этим, необходимо обладать информацией о количественных и качественных характеристиках исходного материала для создания скороспелых и высокопродуктивных сортов сои овощной для условий Нечернозёмной зоны России.

Важным элементом в интродукции сои овощной с повышенным содержанием биологически активных веществ является изучение физиолого-биохимических признаков исходного материала *Glycine max* L. в сравнении с сортами масличного направления.

**Цель исследований** – агробиологическая и биохимическая оценка исходного материала сои овощного направления (*Glycine max* L.) по комплексу хозяйственно ценных признаков и качеству продукции для интродукции в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны и отбор селекционных форм, перспективных по комплексу морфо-биологических и физиолого-биохимических характеристик.

**Для достижения поставленной цели были определены следующие основные задачи:**

1. Осуществить анализ коллекционного материала сои овощной различного происхождения (как отечественного, так и зарубежного) по важнейшим хозяйственно ценным признакам и выделить перспективные образцы.

2. Выявить фенологические особенности и отобрать наиболее скороспелые овощные формы в условиях Московской области.

3. Провести анализ накопления белка, масла, углеводов, водорастворимых антиоксидантов, фенольных соединений (в том числе изофлавонов) в образцах сои овощной.

4. Определить физиологическую активность фотосинтетического аппарата листьев сои ПАМ-флуориметрическим методом.

**Научная новизна.** Научно доказана интродукция сои овощной и выявлены особенности накопления макро- и микронутриентов в образцах сои овощной разного эколого-географического происхождения: белка, масла, углеводов, фенольных соединений, в том числе изофлавонов, суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов в условиях Нечерноземной зоны. Впервые исследована взаимосвязь коэффициента жизненности, как важнейшего флуоресцентного показателя, и элементов продуктивности сои овощной для определения потенциальной урожайности на более ранних этапах развития растений и для разработки экспресс-метода анализа продуктивности растений ПАМ-флуориметрическим методом.

**Практическая и теоретическая значимость работы.** Проведено комплексное изучение и анализ коллекционного материала, отобраны формы сои овощной с высокими хозяйственно ценными показателями для почвенно-климатических условий Центрального района Нечернозёмной зоны. Полученные данные имеют теоретическое значение, расширяя знания о закономерностях изменения содержания белка, масла, углеводов, антиоксидантов в технической и биологической спелости сои овощной, что важно для создания продуктов функционального назначения. Результаты работы могут быть использованы в лекционных курсах селекции и семеноводства растений, растениеводства, физиологии и биохимии растений, при проведении полевой практики студентов биологических и агрономических специальностей.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Агробиологические особенности сои овощной, связанные с комплексом хозяйственно ценных признаков.
2. Исходный материал сои овощной для селекции на скороспелость, продуктивность и накопление биологически активных веществ.
3. Образцы сои овощного типа с качественным биохимическим составом: повышенным содержанием белка и антиоксидантов (водорастворимой части, фенольных соединений, в том числе изофлавонов).
4. Физиологическое состояние фотосинтетического аппарата листьев образцов сои овощной при интродукции в условиях Нечернозёмной зоны.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации доложены на: I научной конференции по агрономии (First Scientific Conference for Agriculture) на Факультете агрономии, лесного хозяйства и окружающей среды Университета Аристотеля по теме: «Evaluation and selection of different varieties and lines of soybean for breeding for valuable traits in the Central European part of Russia», г. Салоники, Греция, 26-30 января 2016 г.; IV Международной научно-практической конференции на иностранных языках «Современная парадигма научного знания» на кафедре иностранных языков АТИ и МИ РУДН, по теме: «Breeding of new soybean vegetable lines in the Moscow region», г. Москва, 13 апреля 2016 г.; Международной научной конференции «Пути повышения эффективности использования генетических ресурсов зернобобовых в селекции» во Всероссийском НИИ растениеводства по теме: «Изучение исходного материала сои в условиях Московской области», г. Санкт-Петербург, 01-03 ноября 2016 г.; XII Международном симпозиуме «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» в Институте фундаментальных проблем биологии РАН по теме: «Результаты исследования скороспелости у исходного материала сои овощной», г. Пущино, 19-23 июня 2017 г.; XIII Международном симпозиуме «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» в Пущинском научном центре биологических исследований РАН по теме: "Изучение антиоксидантного пула в

листьях и семенах сои овощной", 17-20 июня 2019 г.; VII научной международной конференции «Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения» во ФГБНУ ВИЛАР по теме: «Изучение накопления углеводов и фотосинтетических пигментов в листьях и семенах сои овощной (*Glycine max* L.)», г. Москва, 12-13 декабря 2019 г.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания условий, материалов и методик проведения исследований, экспериментальной части, выводов, практических рекомендаций, списка используемой литературы, приложений. Диссертация содержит 195 страниц, включая 63 рисунка и 48 таблиц. Список литературы включает 210 ссылок на работы, из которых 156 - зарубежных авторов.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Материал и методика исследований.** Изучение коллекционного материала сои проводилось в Федеральном научном центре овощеводства (ФНЦО) в течение 2015-2018 гг. Объект исследований – 262 образца *Glycine max* L. различной селекционной направленности и происхождения, из которых отобраны 10 форм для дальнейшего изучения (табл.1). Бóльшая часть коллекционного материала была предоставлена Федеральным исследовательским центром «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И.Вавилова», в опытах также использовался собственный селекционный материал из коллекции ФНЦО.

Овощные формы определены согласно сформированной модели сортоформ: по морфологическим и хозяйственно ценным признакам, биологическим особенностям, биохимическим параметрам; к универсальным отнесены формы, проявлявшие признаки, присущие как овощным сортам, так и масличным; к зерновым формам – сорта масличного направления. Стандартом был выбран сорт Окская (селекции Рязанского НИПТИ АПК), зарегистрированный в Государственном реестре селекционных достижений РФ в т.ч. и для Центрального региона.

Общая площадь опытной делянки составляла 1,3 м<sup>2</sup> в коллекционном питомнике, учётная - 1 м<sup>2</sup>. Образцы высевали вручную в открытом грунте в третьей декаде мая в 2015, 2016 и 2018 гг., в 2017 году – в первой декаде июля в защищённом грунте (теплице) в три ряда длиной 1,5 м при густоте стояния 55 шт/м<sup>2</sup>, расстояние между рядами – 30 см, между растениями в рядах – 5 см при систематическом размещении вариантов в опыте. Постановку полевого опыта проводили согласно ГОСТ 46 71-78. Обработка почвы включала вспашку осенью, дискование, ранневесеннее боронование и предпосевную культивацию. Предшественником был чистый пар.

Таблица 1 – Происхождение образцов сои и направление использования

№ п/п	Название	Происхождение	Направление
1	Окская	Россия	зерновое (масличное)
2	Соер 5	Россия	зерновое (масличное)
3	Gokuwase Hayabusa Edamame	Япония	овощное
4	Образец А	Япония	овощное
5	Нордик	Россия	универсальное
6	Hidaka	Япония	овощное
7	740-1	Швеция	овощное
8	Fiskeby III	Швеция	овощное
9	Tundra	Канада	универсальное
10	Cha Kura Kake	Япония	овощное

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову (Доспехов Б. А., 1985) с помощью программ Microsoft Office Excel (2010) и Origin 9.1.

Биохимический и физиологический анализы проводили на базе лаборатории физиологии и биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов ФНЦО в соответствии со следующими методиками: определение содержания белка по Бредфорду (Bradford M. M., 1976); определение содержания сырого жира по ГОСТ 10857-64 (ГОСТ 10857—64, 1980); определение содержания углеводов антроновым методом (Yemm E. W., 1954); определение содержания фенольных соединений методом Фолина-

Чокальтеу (Ainsworth E. A., 2007); определение содержания изофлавонов по цветной реакции с треххлористым железом (Хабибулина Н. В. и др., 2014); определение суммарного содержания антиоксидантов амперометрическим методом (Яшин А. Я. и др., 2006); оценка физиологического состояния фотосинтетического аппарата проводилась методом импульсной флуориметрии хлорофилла *a* (Baikov A. A. et al., 2013). В ПАМ-флуориметрии были вычислены следующие показатели флуоресценции: действительный квантовый выход фотохимических реакций в ФС II на свету и в темноте, или ФПСII  $Q_y = (F_{\max}' - F_t) / F_{\max}'$ ; максимальная квантовая эффективность ФС II  $Q_{y_{\max}} = F_v / F_{\max}^0$ . Был измерен также коэффициент жизнестойкости (витальности) ФС II  $Rfd = (F_{\max}^0 - F_t) / F_t$ .

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **1. Направления использования сои овощной**

Разработана классификация сортов сои овощной по использованию конечной продукции:

- для употребления семян в бобах в фазе технической спелости;
- для производства молочных продуктов;
- для производства проростков.

В мировых коллекциях биоресурсов известны сотни сортов сои овощного типа. Одну из самых больших групп составляют специально создаваемые сорта для употребления овощной культуры в фазе технической спелости. Для их приготовления достаточно нескольких минут термической обработки. Кроме употребления семян в свежем виде, соя овощная может быть использована в качестве ценного сырья для производства функциональных продуктов молочного направления – молока, йогуртов, сыра и т.д., а также проростков.

### **2. Изучение морфологических, хозяйственно ценных признаков и скороспелости у сои овощной**

*Основные морфологические признаки коллекционного материала сои.*

Сорта масличного направления и универсальные образцы (Нордик и Tundra) проявили существенную степень высокорослости; овощные формы, в



основном, были короткостебельными, из которых наиболее характерны линии Gokuwase Hayabusa Edamame и Образец А; причем высота растений изменялась в средней степени ( $V_{\sigma} = 18,0\%$ ). Наблюдения показали закономерность: овощные образцы, в отличие от масличных, имели более утолщённый стебель (на 20,9%), с невысокой вариабельностью ( $V_{\sigma} = 9,4-18,7\%$ ). Наибольшая толщина стебля отмечена у форм: Образец А, Нордик, Cha Kura Kake. Низкими значениями высоты прикрепления нижнего боба (<10 см) отличались образцы овощного направления Gokuwase Hayabusa Edamame и Образец А; остальные имели оптимальную для уборки высоту прикрепления нижнего боба. Признак подвержен значительной изменчивости ( $V_{\sigma} = 29,6\%$ ), а у овощных образцов Gokuwase Hayabusa Edamame, Образец А - почти не изменялась по годам ( $V_{\sigma} = 6,6\%$ ). Наименьшим числом ветвей на растении обладали образцы Соер-5, Tundra, Образец А, наибольшим – Окская, 740-1, Cha Kura Kake, что указывает на отсутствие влияния сортотипов на формирование ветвистости (табл.2). Образование ветвей на растении характеризовалось существенной вариабельностью ( $V_{\sigma} = 52,7\%$ ), этот признак подвержен сильному воздействию внешней среды.

*Элементы структуры урожая коллекционного материала сои.* Число продуктивных узлов, бобов и семян на растении относится к количественным признакам, наследуемым полигенно, первый из которых является важным элементом в оценке селекционного материала у бобовых культур (Пивоваров В.Ф., 2013). У овощных форм Образец А, Hidaka, Fiskeby III данные количественные признаки были постоянными ( $V_{\sigma} = 12,1-18,9\%$ ); также, они отличались наименьшим числом продуктивных узлов, бобов, семян на растении (чем меньше число продуктивных узлов, бобов и семян на растении, тем менее подвержены изменчивости). Максимальное число продуктивных узлов на растении было у образцов Окская и Нордик, а самое высокое число бобов и семян - у Соер-5 и Нордик, однако они обладали и более высоким  $V_{\sigma}$  (26,6-35,3%). Овощные формы, в основном, уступали масличным сортам по числу продуктивных узлов, бобов и семян на растении (табл.3).

Таблица 2 – Основные морфологические признаки образцов сои  
(среднее за 2015-2018 гг.)

№ п/п	Название	Высота растения, см	Толщина стебля, мм	Высота прикрепления нижнего боба, см	Число ветвей на растении, шт.
		в фазе биологической спелости	в фазе технической спелости		
1	Окская	65,5±8,3	5,0±1,1	11,3±2,1	4,3±0,1
2	Соер 5	63,9±7,2	6,1±1,3	10,8±1,7	1,6±0,7
3	Gokuwase Hayabusa Edamame	29,8±0,7	6,5±0,5	6,9±0,1	3,3±1,4
4	Образец А	30,4±2,8	6,9±0,9	8,2±0,5	2,2±0,7
5	Нордик	65,7±5,0	7,2±0,3	10,3±2,3	2,3±0,4
6	Hidaka	46,4±6,8	6,5±0,5	16,3±4,2	2,6±0,8
7	740-1	47,8±1,6	6,3±0,6	11,7±2,6	4,4±1,4
8	Fiskeby III	48,2±10,0	6,6±0,7	11,8±1,4	2,8±1,0
9	Tundra	76,4±9,2	6,7±0,8	11,8±1,9	2,1±1,1
10	Cha Kura Kake	59,0±6,1	7,5±0,5	20,4±6,1	5,1±1,1
НСР <sub>05</sub>		15,4	0,6	3,8	1,2

Среднее число бобов на продуктивном узле обладает высокой стабильностью ( $V_{\sigma}=9,5\%$ ); в группе овощных образцов оно составило 2,0 шт. У масличных сортов обсемененность боба больше, чем у овощных на 22,2% (не считая вариант Tundra, который относится как к овощным, так и к зерновым, т.е. универсального использования). У образцов овощного направления среднее число семян в бобе изменяется в пределах 1,7-2,0 шт. (табл.3). Данный признак является одним из немногих количественных признаков с очень слабой изменчивостью по годам ( $V_{\sigma}=5,3\%$ ).

***Хозяйственно ценные признаки коллекционного материала сои.***

Изучение массы семян с растения показывает потенциал интродуцируемых образцов в почвенно-климатических условиях 55° с.ш. В среднем за три года масса семян с растения у образцов сои овощного типа (Gokuwase Hayabusa

Edamame, 740-1, Fiskeby III, Tundra, Cha Kura Kake) была примерно на одном уровне и составила 21,5 г. Масличные сорта имели более высокое число семян с растения, но по общей продуктивности не выделялись, так как обладали значительно меньшей массой 1000 семян. Самым низкоурожайным оказался сорт Окская, а наиболее высокопродуктивным – образец Нордик (перспективный для производства проростков) (табл.4).

Таблица 3 – Элементы структуры урожая образцов сои в фазе технической спелости (среднее за 2015-2018 гг.)

№ п/п	Название	Число продуктивных узлов на растении, шт.	Число бобов на растении, шт.	Число семян с растения, шт.	Среднее число бобов на продуктивном узле, шт.	Среднее число семян в бобе, шт.
1	Окская	28,9±3,7	50,8±9,0	113,5±18,2	1,7±0,1	2,2±0,0
2	Соер 5	22,7±3,4	67,6±10,2	147,3±19,3	3,0±0,0	2,2±0,0
3	Gokuwase Hayabusa Edamame	26,3±10,3	58,7±21,5	108,3±43,8	2,3±0,1	1,8±0,1
4	Образец А	14,6±0,7	28,6±0,7	50,4±1,6	2,0±0,0	1,8±0,1
5	Нордик	28,1±5,0	78,1±20,0	160,6±43,2	2,7±0,2	2,0±0,1
6	Hidaka	18,3±1,3	36,6±4,5	71,6±9,1	2,0±0,1	2,0±0,0
7	740-1	25,2±4,0	47,2±8,9	78,1±14,9	1,8±0,1	1,7±0,0
8	Fiskeby III	19,0±1,6	38,0±6,5	68,8±11,6	2,0±0,2	1,8±0,0
9	Tundra	24,9±5,3	50,0±11,9	112,8±23,1	2,0±0,1	2,3±0,1
10	Cha Kura Kake	25,2±3,3	45,0±10,8	84,6±21,3	1,7±0,2	1,9±0,1
НСР <sub>05</sub>		4,6	14,8	35,3	0,4	0,2

Наиболее высокие значения коэффициента хозяйственной эффективности урожая ( $K_{хоз}$ ) имели овощные образцы 740-1 и Hidaka, у которых соотношение «масса семян/масса растения» было больше, чем у остальных, на 19,6% (в относительных значениях). У остальных образцов он был примерно на одном уровне и составил, в среднем, 42,9%. Увеличение общей массы растения или семян не приводило к увеличению  $K_{хоз}$  (табл.4).

Главной отличительной особенностью элементов структуры урожая овощных сортов сои считается масса 1000 семян (Singh G., 2010; Born H., 2006; Duppong L. M., Hatterman-Valenti H., 2005). Почти у всех овощных образцов в период с середины технической (R6) до наступления полной биологической

спелости крупность семян увеличилась почти в два раза. Масличные сорта показали более низкий рост массы 1000 семян (на 46,4%). В фазе R6 наибольший размер семян имели овощные образцы Hidaka, 740-1, Fiskeby III (130,0-164,0 г). Данный признак, в основном, слабо подвержен изменениям от условий внешней среды ( $V_{\sigma}=13,1\%$ ). В фазе биологической спелости масса 1000 семян у овощных форм была почти в два раза больше, чем у масличных сортов. Стоит отметить наиболее ценные крупносемянные овощные образцы: Образец А, Hidaka, 740-1, Fiskeby III (средняя  $M_{1000 \text{ семян}}=289 \text{ г}$ ) (табл.4). Признак является маркерным для овощных селекционных форм и перспективным для отбора.

Таблица 4 – Хозяйственно ценные признаки образцов сои  
(среднее за 2015-2018 гг.)

№ п/п	Название	Масса семян с растения, г	Коэффициент хозяйственной эффективности, %	Масса 1000 семян, г (на сухую массу)	
		в фазе биологической спелости	в фазе биологической спелости	в фазе технической спелости	в фазе биологической спелости
1	Окская	15,4±2,1	42,7±0,6	108,0±3,2	137,5±6,8
2	Соер 5	21,9±3,7	44,1±0,3	88,0±2,6	147,0±5,2
3	Gokuwase Hayabusa Edamame	21,0±9,0	43,2±2,8	114,0±3,4	189,3±6,7
4	Образец А	16,8±2,2	43,0±0,1	-	335,0±53,5
5	Нордик	23,3±6,4	43,8±1,6	66,0±2,0	144,5±1,4
6	Hidaka	17,7±1,9	47,2±1,8	130,0±3,9	248,5±15,9
7	740-1	21,6±4,2	51,4±1,4	144,0±4,3	278,8±25,1
8	Fiskeby III	21,2±7,2	41,1±1,4	164,0±4,9	293,7±55,5
9	Tundra	22,2±4,7	41,8±2,0	82,4±2,5	195,5±2,1
10	Cha Kura Kake	21,5±7,5	30,5±2,6	68,3±2,0	242,2±27,6
НСР <sub>05</sub>		2,6	5,3	37,1	68,7

**Морфометрические показатели и масса боба.** Выявлена более высокая средняя масса (на 42,8%) (в фазе биологической спелости) и ширина (на 33,3%) боба (в фазе технической спелости) у овощных форм, чем у масличных, что обуславливается, с одной стороны, их повышенной массой 1000 семян ( $r=0,90$ ),

с другой – более высокой массой створок бобов. У образцов Нордик и Tundra средняя масса и ширина боба почти не отличались от масличных сортов. Овощные образцы (Образец А, Hidaka, 740-1) имели массу и ширину плодов, в среднем, на 81,5% и 41,3% больше, чем у масличных, соответственно. Они также обладали более длинными бобами (в среднем, на 10,2%) в фазе технической спелости, из которых наиболее выделились Образец А и Cha Kura Каке с длиной боба, в среднем, на 31,9 и 23,7 % больше, соответственно, чем у масличных сортов (рис.1).

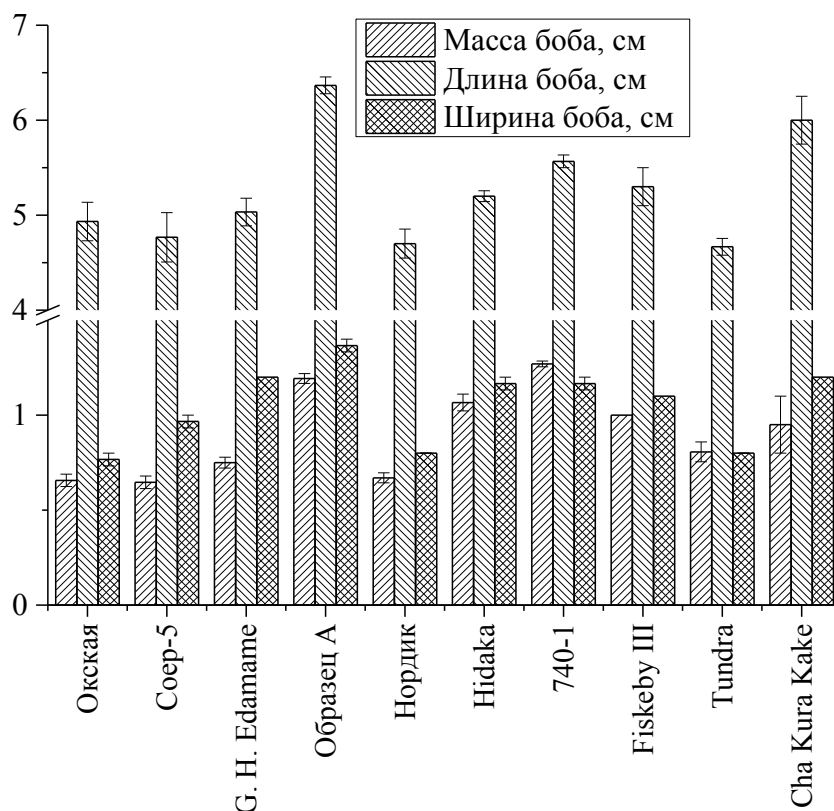


Рис.1. Масса, длина и ширина боба образцов сои (среднее за 2016-2018 гг.)

**Скороспелость коллекционного материала сои.** В среднем за три года продолжительность периода «всходы-техническая спелость», важного агробиологического параметра сои овощной, составила у овощных форм 86,9 дней, что было меньше, чем у зерновых сортов (88,7 дней). Вариабельность признака была минимальна ( $V_{\sigma} = 8,2\%$ ).

Продолжительность периода вегетации овощных образцов почти не отличалась от масличных сортов и характеризовалась коротким периодом вегетации в соответствии с общей классификацией сортов сои по группам

спелости (Щелко Л. и др., 1990). Наиболее скороспелыми оказались масличные сорта Окская и Соер-5. Несмотря на то, что овощные формы по сравнению с масличными сортами имели более продолжительный период по сумме активных температурных единиц (САТЕ) на 186,2°C (или 10,5%), САТЕ как по годам, так и в среднем укладывалась в аналогичный показатель Московского региона. Масличные сорта имели более быстрое прохождение периода «цветение-созревание», в среднем, на 11,9% (табл.5). Длина данного периода составила 54,0-67,3 дней; его изменчивость была минимальной ( $V_{\sigma}=6,0-10,9\%$ ). Выделенные овощные образцы по продолжительности периодов: «всходы-техническая спелость» и вегетации отвечали агроклиматическим условиям ЦРНЗ.

Таблица 5 – Продолжительность периодов «всходы-техническая спелость», «цветение-созревание», вегетации у образцов сои (среднее за 2015-2018 гг.)

№ п/п	Название	Период «всходы-техническая спелость», дни	Период «цветение-созревание», дни	Период вегетации	
				дни	САТЕ°C
1	Окская	87,7±4,3	54,0±3,6	94±2,9	1753,8±43,3
2	Соер 5	87,3±4,3	55,0±3,2	96±1,4	1779,3±27,8
3	Gokuwase Hayabusa Edamame	90,3±4,3	63,3±6,7	105±4,8	1941,3±26,3
4	Образец А	84,5±2,9	51,5±1,2	99±2,6	1897,4±28,8
5	Нордик	90,3±4,3	67,3±2,0	107±2,1	1972,8±18,1
6	Hidaka	87,0±4,5	60,3±6,4	103±5,6	1904,1±44,2
7	740-1	85,7±4,3	60,3±3,0	99±3,0	1905,5±61,6
8	Fiskeby III	83,0±2,4	57,0±0,8	100±2,6	2006,3±28,1
9	Tundra	89,3±5,8	65,0±6,2	105±5,2	2001,1±25,4
10	Cha Kura Kake	91,0±4,6	63,0±5,0	109±5,4	1994,2±50,3
НСР <sub>05</sub>		2,7	-	5,1	88,5

### 3. Изучение физиолого-биохимических показателей у сои овощной

#### 3.1. Анализ содержания макронутриентов

*Содержание сырого белка в семенах.* В фазе технической спелости по содержанию белка выделился раннеспелый образец Gokuwase Nayabusa Edamame, на 46,2% превосходивший другие образцы (в относительных значениях), что объяснимо более ранним наступлением синтеза белковых веществ. Также стоит отметить масличные сорта Окская, Соер 5 и овощную форму 740-1 с содержанием белка на 11,8% выше (в относительных значениях), чем у других форм. Остальные образцы обладали практически одинаковым уровнем накопления белка в фазе технической спелости (значения варьировали от 25,7 до 28,4%). В фазе биологической спелости овощные формы превзошли масличные по уровню белковости (рис.2).

В среднем за три года у овощных образцов накопление белка в семенах в фазе биологической спелости было выше, чем у масличных, на 15,7% (в относительных значениях). Выделены следующие образцы со стабильно высоким уровнем аккумуляции сырого протеина: Образец А, Hidaka, Cha Kura Kake (их медианное значение составило 47,4% в абсолютных значениях). Вариабельность признака была невысокая ( $V_{\sigma} = 12,8\%$ ).

*Содержание сырого жира в семенах.* Масличность семян у зерновых сортов в оба периода развития была выше, при этом, в фазе биологической спелости, по сравнению со стадией R6, разница по содержанию жира между селекционными формами уменьшилась почти в три раза. Это может свидетельствовать о более интенсивном процессе синтеза в начальной стадии генеративного развития у масличных образцов, а также более позднем накоплении триацилглицеридов у овощных форм. Накопление жира в фазе R6 у большей части овощных форм сои было почти на одном уровне и составило, в среднем, 10,5% (в абсолютных значениях). Таким образом, в фазе технической спелости соя овощная содержит в семенах, помимо белка, также большую долю полиненасыщенных жирных кислот (рис.2).

Масличные образцы, в среднем, в фазе биологической спелости обладали стабильно более высоким содержанием сырого жира (на 22,0%, в относительных значениях), чем овощные. Максимальное содержание жира среди овощных и универсальных образцов наблюдалось у линий Hidaka и Нордик (17,6%). Минимальным накоплением – на 33,3% (в относительных значениях) ниже, чем в среднем по группе овощных образцов - обладал образец Gokuwase Nayabusa Edamame, который относится к стародавним (рис.2). Содержание жира, главным образом, определяется наследственными факторами ( $V_{\sigma}=15,8\%$ ).

**Содержание углеводов в семенах.** Увеличение сахаристости в динамике наблюдалось в семенах всех образцов. Чем больше было содержание углеводов в семенах в фазе технической спелости, тем менее значительно оно повышалось в период биологической спелости. Овощные образцы Hidaka, 740-1, Fiskeby III, семена которых употребляются в период технической спелости, имели повышенную сахаристость в фазе R6 по сравнению с остальными вариантами на 39,6% (в относительных значениях).

Образцы аккумулировали моно- и дисахара в семенах в фазе биологической спелости по-разному: наиболее низкое содержание – на уровне 16,3% - отмечено у масличных сортов, а также у образцов Gokuwase Nayabusa Edamame, Нордик, Cha Kura Kake. Селекционные образцы, относящиеся к овощным – Образец А, 740-1, Fiskeby III – по всем трем годам исследований обладали стабильно более высоким содержанием моно- и дисахаров в семенах по сравнению с другими образцами (на 20,2%, в относительных значениях); в среднем их сахаристость составила 19,6% (в абсолютных значениях) (рис.2). В ходе длительного периода формирования овощных сортов сои были выделены более «сладкие» формы, с повышенным накоплением углеводов; коэффициент вариации по годам был незначительным ( $V_{\sigma}=8,5\%$ ).



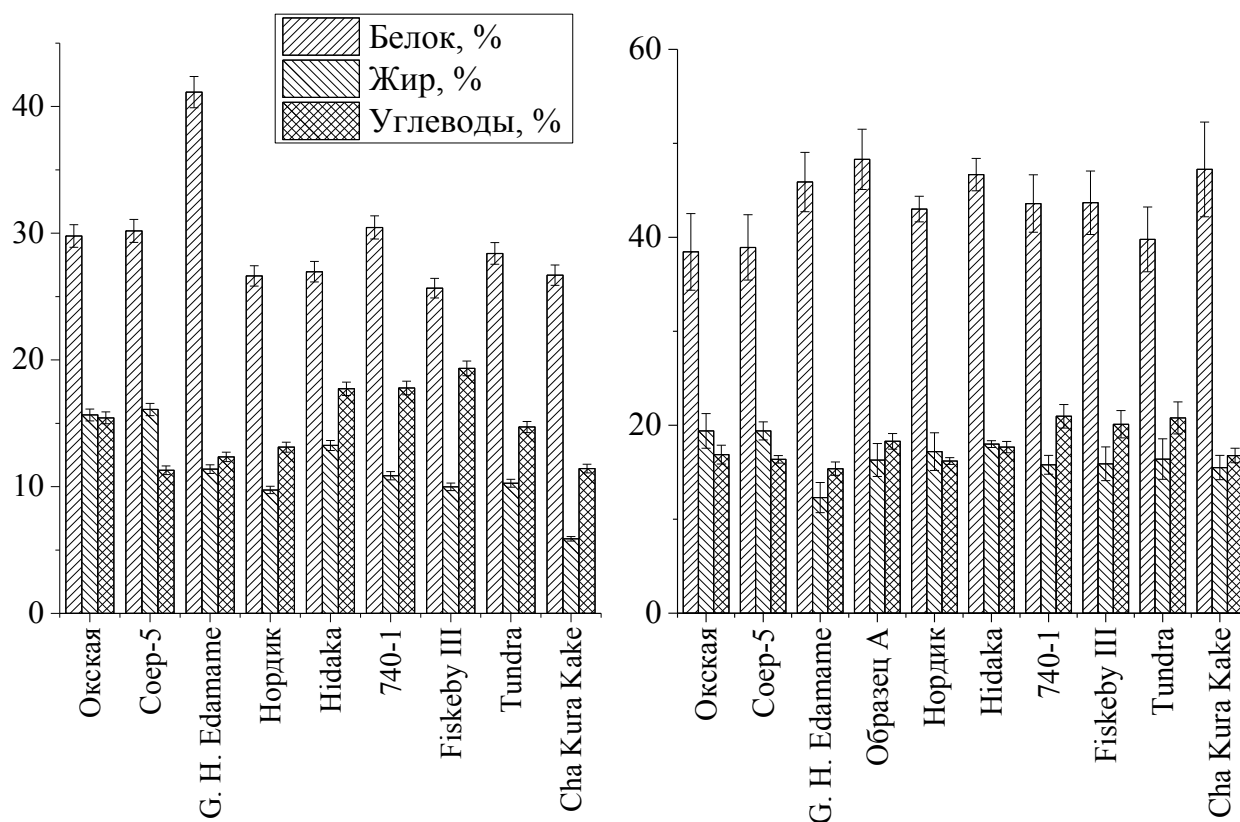


Рис.2. Содержание макронутриентов в семенах сои в фазе технической спелости (слева) и в фазе биологической спелости (справа), %, на сухую массу (среднее за 2016-2018 гг.)

### 3.2. Анализ содержания вторичных метаболитов - антиоксидантов

*Содержание фенольных соединений в семенах, в том числе изофлавонов.* Важно проводить скрининг селекционного материала на накопление фенольных соединений (ФС) как основной группы антиоксидантов, необходимых в растениях и в пищевом рационе (Kim E. N. et al., 2012).

В среднем за три года, аккумулярование фенольных соединений в семенах показало превышение суммы ФС у овощных образцов в оба периода развития (в фазе технической и биологической спелости) на 36,6 и 10%, соответственно, чем у масличных сортов. Содержание фенольных компонентов в фазе R6 у овощных форм в среднем составило 4,1 мг-экв галловой кислоты/г. Среди овощных образцов высоким накоплением ФС в фазе биологической спелости отличались образцы Gokuwase Nayabusa Edamame, Образец А, Tundra с медианным значением 4,9 мг-экв галловой кислоты/г. Изменчивость

содержания ФС была относительно невысокой ( $V_{\sigma}= 16,9\%$ ), что позволяет рассматривать его как ценный физиолого-биохимический признак (рис.3).

Наряду с изучением накопления ФС, был проведён также анализ содержания изофлавонов (ИФ), ввиду повышенного накопления соей данной группы биологически активных веществ. В фазе R6 у масличных сортов их сумма была больше на 16,6%, чем у овощных, за исключением образца Gokuwase Nayabusa Edamame, составив у последних, в среднем, 692,2 мкг-экв кверцетина/г. В стадии полной биологической спелости эти различия нивелировались ввиду достижения масличными сортами почти максимального уровня накопления ИФ в фазе технической спелости, а также тем, что на более поздних этапах развития у овощных форм синтез изофлавонов протекал интенсивнее. Анализ аккумуляции изофлавонов в фазе биологической спелости подтверждает версию более высокого содержания ИФ у овощных форм (на 9,7%); коэффициент вариации был низким ( $V_{\sigma}=9,0\%$ ). Повышенным накоплением изофлавонов за 3 года наблюдений – на 9,6% больше, чем по овощной группе – отличились образцы: Образец А, Tundra, Cha Kura Kake. Овощные формы, в среднем, к концу вегетации синтезировали 903,9 мкг-экв кверцетина/г (в семенах), или около  $\approx 0,1\%$  (по кверцетину); следовательно, можно вводить данные образцы в селекционную работу (рис.3).

***Содержание водорастворимых антиоксидантов в семенах.*** В фазе R6 масличные и овощные образцы характеризовались почти одинаковым суммарным содержанием водорастворимых антиоксидантов (ССАО) - 2,63 мг-экв галловой кислоты/г. Сорт Окская, овощные образцы Gokuwase Nayabusa Edamame и Cha Kura Kake обладали суммой водорастворимой фракции антиоксидантов на 34,7 % выше, они более быстро, по сравнению с другими сортообразцами, перешли к интенсивному накоплению АО в семенах в фазе технической спелости.

Овощные образцы отличались бóльшим ССАО в фазе биологической спелости, чем масличные сорта (на 15,0%), кроме форм Нордик и Cha Kura Kake, у которых оно было ниже (на 25%). Физиологический признак подвержен

значительной вариабельности по годам ( $V_{\sigma}= 28,6\%$ ), тем не менее выявлены генотипы со стабильно повышенным ССАО в семенах в фазе биологической спелости – в среднем 2,3 мг-экв галловой кислоты/г – за весь трёхгодичный период наблюдений: Gokuwase Nayabusa Edamame, Образец А, Fiskeby III, Tundra (рис.3). Целесообразно использовать данные образцы как важный источник АО в селекционных программах по созданию новых сортов для производства функциональных продуктов питания с более высоким содержанием компонентов, обладающих антиоксидантной активностью.

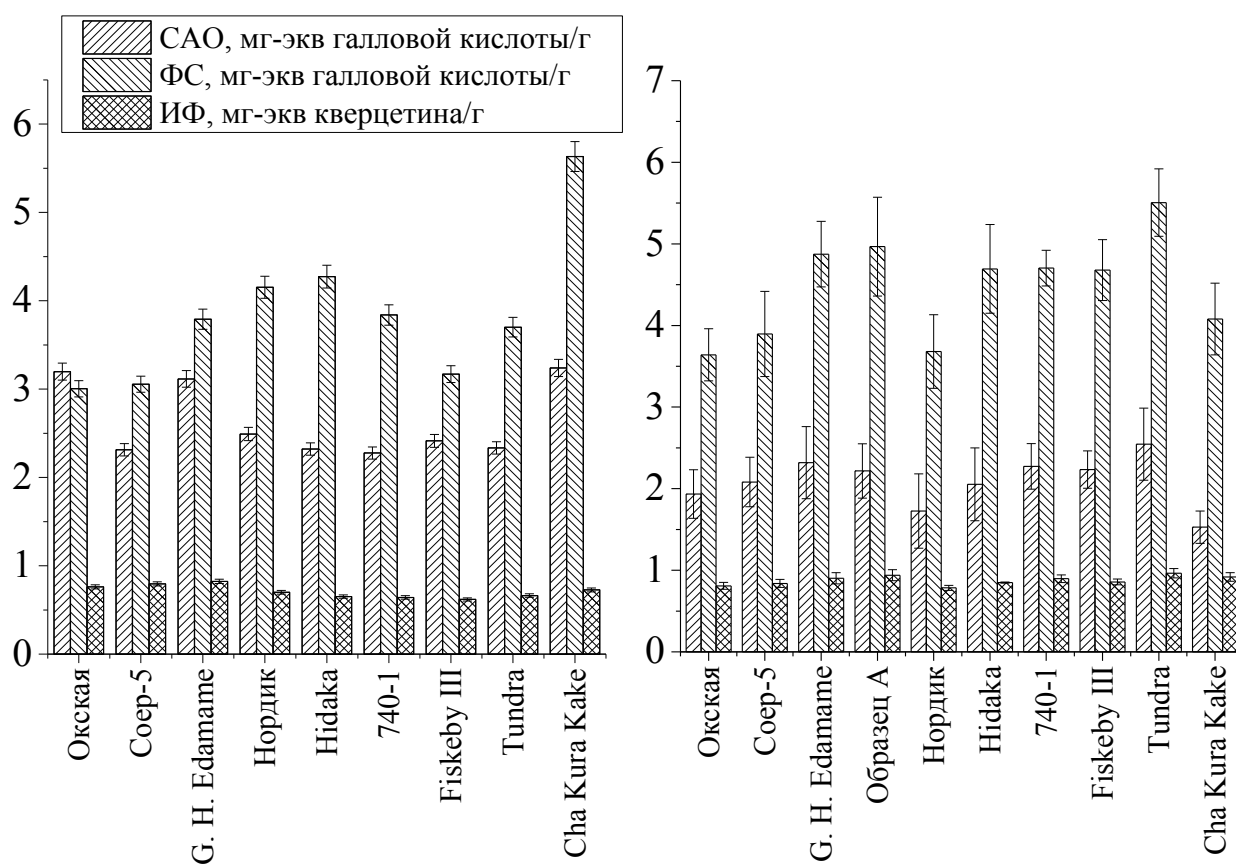


Рис.3. Содержание основных антиоксидантов в обезжиренных семенах сои в фазе технической спелости (слева) и в фазе биологической спелости (справа), мг-экв/г, на сухую массу (среднее за 2016-2018 гг.)

### 3.3. ПАМ-флуориметрия хлорофилла листьев сои

Было исследовано влияние условий выращивания на флуоресцентные характеристики листьев впервые интродуцируемых овощных и культивируемых масличных форм сои в средней полосе России.

**Эффективность фотохимических реакций.** Значения фотохимического тушения являются важнейшими показателями эффективности световых стадий

фотосинтеза, поскольку именно эта часть световой энергии может быть непосредственно использована в фотохимических реакциях. В качестве параметров фотохимического тушения использовались  $Q_{u\max}$  и  $Q_y$ .

За точку отсчёта кривых квантового выхода брали показатель  $F_v/F_{\max}^0$ , характеризующий максимальный квантовый выход фотохимического разделения зарядов в ФС II. В фазе цветения он составлял, в среднем, 0,76 у масличных и 0,78 у овощных форм, что говорит о состоянии стресса, частичном повреждении фотосинтетического аппарата и снижении максимальной квантовой эффективности ФС II после темновой адаптации. Такая реакция растений может объясняться влиянием яркого дневного света на растения со слабой системой фотозащиты. В фазе технической спелости значение  $Q_{u\max}$  восстановилось, у овощных и масличных форм было одинаковым и составило, в среднем, уже 0,81, подтверждая факт того, что стрессовое воздействие, связанное с ингибирующим светом, прекратилось.

Стационарное значение показателя  $Q_y$ , отвечающего за фактический квантовый выход ФС2 на свету, в фазе цветения у образца 740-1 было наименьшим среди всех изученных вариантов (0,10) с существенным отставанием от остальных (в 2 раза), причиной чего является, возможно, более слабое развитие фотосинтетического аппарата в целом и чувствительность к стрессовым воздействиям. Этот же образец в последующей фазе развития показал максимальный квантовый выход как после темновой адаптации (0,83), так и на свету (0,20) и, как следствие, повышенную продуктивность. Он обладал наибольшей массой 1000 семян и коэффициентом хозяйственной эффективности урожая среди представленных форм – 320,2 г и 51,4%, соответственно.

После включения ДС происходило почти вертикальное падение эффективности фотохимических реакций за счёт подавления работы антенн светособирающего комплекса. Такие изменения обуславливаются окислением РЦ, под действием насыщающего актиничного света и процессом восстановления первичных переносчиков электронов  $Q_A$  (Гольцев В. Н. и др.,

2016). Затем, начиная примерно с 20-й секунды, возобновляется медленный рост  $Q_y$ . Усиление синтеза АТФ и восстановленного НАДФ-Н приводит к запуску цикла Кальвина-Бенсона, понижению интенсивности флуоресценции и возбуждению нефохимического (NPQ) и фотохимического (qP) тушения флуоресценции в антеннах ФС II (Alonso L. et al., 2017).

После прекращения подачи актиничного света, во время темновой релаксации, наблюдался резкий рост эффективности фотохимических реакций, особенно сильно это явление проявлялось в первые 15 с. После этого увеличение  $Q_y$  несколько замедлялось, но, как и прежде, развивалось до конца периода регистрации, едва не дотягивая до стартового уровня  $F_v/F_{max}^0$ . Уменьшение  $Q_y$  по сравнению с  $Q_{y_{max}}$  объясняется значительным ингибирующим влиянием насыщающих вспышек на фоне действующего света на листовую аппарат сои. Показатели эффективности фотохимических реакций в разные фазы развития растений сои были схожими, за исключением варианта 740-1 (рис.4).

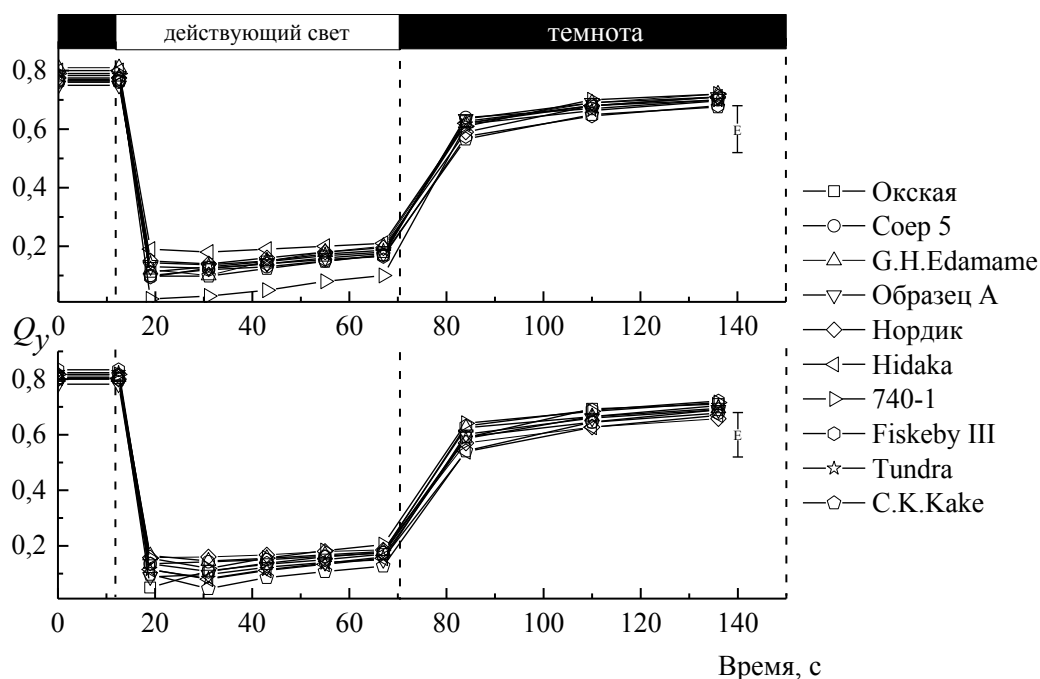


Рис.4. Эффективный квантовый выход ФС II ( $Q_y$ ) в листьях овощных и масличных форм сои в фазе цветения (вверху) и в фазе технической спелости (внизу)

*Связь фотосинтетической активности с продуктивностью растений овощных форм.* Коэффициент жизненности («vitality index») показывает взаимодействие работы фотосистемы II с процессами темновой фазы. Rfd можно рассматривать как фактор потенциальной фотосинтетической активности (Караваев В.А. и др., 1989). Была изучена взаимозависимость фотосинтетической активности  $(F_{\max}^0 - F_t) / F_t$  в фазе технической спелости растений с показателями продуктивности исследуемого объекта: массой растения, массой семян с растения, числом бобов на растении. Эффективность фотохимических реакций (Rfd) в фазе интенсивного образования плодов составляла 1,69, что соответствует средним значениям данной культуры (Djekoun A., 1991).

Связь коэффициента жизненности с показателями продуктивности растений была хоть и схожей, но имела различия (рис.5). Высокая степень зависимости наблюдалась с числом бобов на растении ( $r=0,90$ ). Эта закономерность обуславливается тем, что обычно в нормальных, нестрессовых условиях растение закладывает максимально возможное число бобов, которые обладают слабой вариабельностью. Следовательно, фенотипическая изменчивость не влияла на взаимосвязи с Rfd. Анализ показал, что фактическое число бобов было близким к теоретически ожидаемому, в отличие от числа семян на растении и, как следствие, от их массы (Shafigullin D. R. et al., 2018). С массой растения, включая подземную часть, и с массой семян с растения взаимосвязь была несколько меньшей: по обоим показателям находилась на одном уровне ( $r=0,78$ ).

Исследования подтверждают тот факт, что показатель Rfd в том числе отражает ассимиляцию углекислого газа: значения коэффициента витальности пропорциональны развитию элементов структуры урожая. Таким образом, коэффициент жизненности является связующим звеном между показателями световой и результатами темновой стадии фотосинтеза.

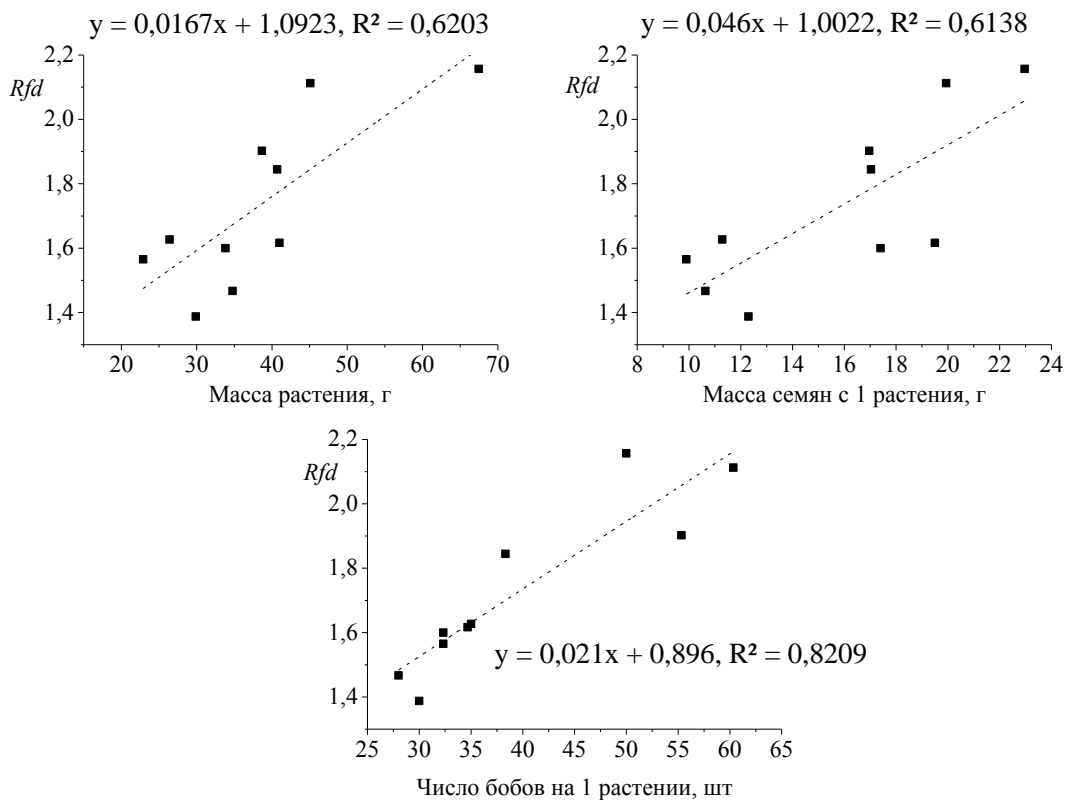


Рис.5. Связь показателя коэффициента жизненности (Rfd) с показателями продуктивности растений сои овощной в фазе полной биологической спелости

#### 4. Модель сортов сои овощной

На основании экспериментальных данных была сформирована модель сортов сои овощной для Нечернозёмной зоны.

*Агробиологические особенности и хозяйственная характеристика сои овощной в фазе технической спелости:*

- продолжительность периода «всходы-техническая спелость» не более 90 дн;
- период вегетации не более 105 дн;
- высота растения от 30 см;
- толщина стебля от 6 мм;
- средняя масса боба в фазе биологической спелости от 1,0 г (на сухую массу);
- средняя длина боба от 5 см;
- средняя ширина боба от 1 см;
- цвет боба зелёный;
- опушённость боба слабая.

*Элементы структуры урожая:*

- масса семян с растения в фазе биологической спелости от 10 г;
- масса 1000 семян: в фазе технической спелости от 120 г; в фазе биологической спелости от 240 г;
- среднее число семян в бобе от 1,9 шт.;
- число продуктивных узлов от 17 шт.;
- среднее число бобов на продуктивном узле от 2 шт.

*Физиолого-биохимическая характеристика семян в фазе технической спелости (на сухое вещество):*

- содержание сырого белка (в обезжиренных семенах) от 29%;
- содержание сырого жира от 10%;
- содержание сахаров (в обезжиренных семенах) от 15%;
- содержание фенольных соединений, в т.ч. изофлавонов (в обезжиренных семенах) от 4,0 мг-экв галловой кислоты/г;
- суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (в обезжиренных семенах) от 2,5 мг-экв галловой кислоты/г.

***Экономическая эффективность возделывания сои овощной.*** Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о высокой рентабельности выращивания всех селекционных образцов, как овощных, так и масличных, и значительном уровне окупаемости затрат (табл.6). Наибольшую экономическую эффективность в сортовом разрезе показало выращивание мелкосемянного образца Нордик, универсального образца Tundra, а также масличного сорта Соер-5. Столь высокий уровень рентабельности можно объяснить тем, что в опыте использовались семена, полученные от многократных отборов, т.е. по качеству соответствующие оригинальным. Таким образом, выращивание сои овощной в условиях ЦРНЗ экономически оправдано и имеет большие перспективы для распространения в Центральном и Центрально-Чернозёмном регионах.



Таблица 6 – Экономическая эффективность производства семян сои овощной

№ п/п	Название образца	Урожайность, т/га	Производственные затраты, руб./га	Выручка от реализации, руб./га	Прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость дополнительных затрат, раз
1	Окская	2,1	21 790,5	46 484,9	24 694,4	113,3	2,1
2	Соер-5	2,9	22 157,3	65 881,0	43 723,7	197,3	3,0
3	Gokuwase Hayabusa Edamame	2,8	23 800,8	63 119,2	39 318,4	165,2	2,7
4	Образец А	2,2	29 455,1	50 615,9	21 160,8	71,8	1,7
5	Нордик	3,1	22 060,4	70 065,5	48 005,1	217,6	3,2
6	Hidaka	2,4	26 099,1	53 327,5	27 228,4	104,3	2,0
7	740-1	2,9	27 274,3	65 010,6	37 736,3	138,4	2,4
8	Fiskeby III	2,8	27 852,4	63 721,8	35 869,4	128,8	2,3
9	Tundra	3,0	24 041,7	66 818,3	42 776,6	177,9	2,8
10	Cha Kura Kake	2,9	25 855,8	64 910,2	39 054,4	151,0	2,5

## ВЫВОДЫ

1. Изучены основные агробиологические и биохимические показатели сои овощной (*Glycine max* L.) при интродукции в условиях Нечернозёмной зоны и проведена комплексная оценка исходного материала на хозяйственно ценные признаки и качество продукции. Выделен перспективный селекционный материал для создания сортов сои овощной: Образец А, Hidaka, 740-1, Fiskeby III, Tundra.

2. Сравнительная оценка элементов продуктивности показала, что масса 1000 семян образцов сои овощного типа в фазе технической и биологической спелости существенно (на 26,6 и 85,9%, соответственно) выше, чем у масличных сортов, и имеет низкую степень изменчивости ( $V_{\sigma}=18,8\%$ ). Повышенную крупносемянность стабильно показали следующие образцы: Образец А, Hidaka, 740-1, Fiskeby III со средней  $M_{1000 \text{ семян}}$  в фазе технической и биологической спелости 130,0-164,0 г и 248,5-335 г, соответственно. Массу 1000 семян следует считать основным отличительным признаком овощных сортов сои, перспективным для использования в селекционной работе.

3. Овощные образцы сои обладали значительной средней массой (1,1 г) и шириной боба (1,2 см), что на 42,8 и 33,3%, соответственно, больше, чем у масличных сортов. При отборе овощных форм необходимо учитывать морфометрические характеристики и массу бобов.

4. У овощных форм толщина стебля равнялась 6,7 мм (на 20,9% больше, чем у масличных сортов), высота растения в фазе биологической спелости - 43,6 см (на 48,3% меньше, чем у масличных сортов); эти признаки можно отнести к морфологическим особенностям сои овощной с невысокой вариабельностью (15,2%).

5. Продолжительность периодов: «всходы-техническая спелость» и вегетации у образцов сои овощного направления составила, в среднем, 87 и 103 дня, соответственно, незначительно отличаясь по данному признаку от масличных сортов (88,7 и 95 дней, соответственно). Период от всходов до

наступления технической и биологической спелости почти не изменялся по годам ( $V_{\sigma}=8,2\%$ ).

6. Содержание белка в семенах сои овощной достигало, в среднем, в фазе технической и биологической спелости, соответственно 29,4 и 45,9% (на обезжиренную массу), что выше, чем у масличных сортов в фазе биологической спелости на 15,7% (в относительных значениях). Накопление белка является основным биохимическим свойством овощных сортов сои.

7. Масличность семян овощных форм сои в сравнении с зерновыми в фазе технической и биологической спелости была меньше на 51,4 и 22,0% (в относительных значениях), соответственно. Аккумуляция жира представляет собой важный биохимический признак сои овощного типа: в фазе технической спелости накопление жира у овощных форм сои составило, в среднем, 10,5% (в абсолютных значениях), а наиболее ценные линии (Образец А, Hidaka) в фазе биологической спелости показали содержание в среднем 17,1%.

8. Овощные образцы сои, семена которых употребляются в фазе R6 - Образец А, 740-1, Fiskeby III, а также универсальный образец Tundra – обладали суммой моно- и дисахаров в фазе технической и биологической спелости 15,6 и 18,6% (на обезжиренную массу), соответственно, что больше на 29,1 и 20,4% (в относительных значениях), соответственно, чем масличные сорта. Сахаристость может считаться биохимическим признаком овощных сортов сои.

9. Суммарное накопление фенольных соединений, в т.ч. изофлавонов, в семенах овощных образцов сои в фазе технической и в биологической спелости составляло 4,1 и 4,8 мг-экв галловой кислоты/г, соответственно, что было выше на 36,6 и 26,3%, соответственно, чем у масличных сортов. Это позволяет сделать вывод о целесообразности использования овощных образцов сои в селекции на повышенное содержание антиоксидантов.

10. Изучение аккумуляции водорастворимых антиоксидантов выявило в фазе технической спелости содержание АО на уровне 2,6 мг-экв галловой кислоты/г, а в фазе биологической спелости - более высокую степень

их накопления в семенах овощных форм (на 15,0%, чем у масличных сортов), при среднем содержании у первых 2,2 мг-экв галловой кислоты/г. «Антиоксидантный» параметр будет включён в селекционные программы по созданию богатых ценными компонентами овощных сортов сои.

11. Исследованы взаимосвязи показателя флуоресценции  $(F_{\max}^0 - F_t) / F_t$  в фазе технической спелости с элементами продуктивности растений. Отношения индекса витальности с элементами продуктивности были схожими ( $r=0,78-0,90$ ); при этом, наибольшая степень корреляции обнаружена с числом бобов на растении ( $r=0,90$ ). Анализ связи коэффициента жизненности с элементами структуры урожая даёт возможность определять потенциальную хозяйственную эффективность растений сои овощной современными инструментальными методами на более ранних этапах онтогенеза.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. В селекционных программах по сое овощной в условиях ЦРНЗ РФ в качестве доноров скороспелости, родительских форм на высокую продуктивность, крупносемянность, стабильно высокое накопление необходимых биохимических веществ (белка, масла, углеводов, антиоксидантов) использовать следующие образцы: Образец А, Hidaka, 740-1, Fiskeby III, Tundra.

2. При отборе исходного материала учитывать следующие морфологические, биохимические и качественные параметры в фазе технической спелости, тесно связанные с агробиологическими особенностями образцов сои овощного типа: масса 1000 семян (от 120 г. и выше), масса боба (от 1,0 г), длина боба (от 5 см), ширина боба (от 1 см), опушенность боба (слабая), толщина стебля (от 6 мм), высота растений (от 30 см), содержание белка (от 29%), жира (от 10%), углеводов (от 15%), общей суммы водорастворимых антиоксидантов (от 2,5 мг-экв галловой кислоты/г), фенольных соединений, в т.ч. изофлавонов (от 4,0 мг-экв галловой кислоты/г).

3. Применять в условиях средней полосы России (55° с.ш.) в качестве сырья для создания продуктов с повышенной аккумуляцией компонентов,

характеризующихся антиоксидантными свойствами (общей суммы водорастворимых антиоксидантов, фенольных соединений, изофлавонов, витамина С) следующие овощные образцы *Glycine max* L.: Образец А, Fiskeby III, 740-1.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. Шафигуллин Д.Р. Оценка и подбор исходного материала для селекции сои на хозяйственно ценные признаки в условиях Центрального района Европейской части России /Д.Р. Шафигуллин, Е.В. Романова, М.С. Гинс, Е.П. Пронина, В.К. Гинс //Овощи России. – 2016. – № 2 (31). – С. 28-32.

2. Шафигуллин Д.Р. Сопряженность количественных признаков и показателей скороспелости селекционных линий сои овощного и технического направлений /Д.Р. Шафигуллин, Е.В. Романова, М.С. Гинс, Е.П. Пронина //Аграрная Россия. – 2017. – № 9. – С. 2-8.

3. Шафигуллин Д.Р. Изучение скороспелости у коллекционного материала сои /Д.Р. Шафигуллин, М.С. Гинс, Е.В. Романова, Д.Б. Бородин //Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (66). – С. 56-62.

4. Шафигуллин Д.Р. Интенсивность вариации количественных признаков исходного материала сои /Д.Р. Шафигуллин, Е.В. Романова, М.С. Гинс, Е.П. Пронина //Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. – 2017. – Т. 12., № 3. – С. 217-225.

5. Шафигуллин Д.Р. Особенности корреляционных связей между количественными признаками селекционных образцов сои /Д.Р. Шафигуллин, Е.В. Романова, М.С. Гинс, В.К. Гинс, Е.П. Пронина //Овощи России. – 2017. – № 2 (35). – С. 20-23.

6. Шафигуллин Д.Р. Изучение изменчивости количественных признаков у овощных и зерновых форм сои в условиях Центральной части Нечернозёмной зоны /Д.Р. Шафигуллин, М.С. Гинс, Е.В. Романова, Е.П. Пронина //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 2 (22). – С. 16-23.

7. Шафигуллин Д.Р. Особенности вариаций признаков скороспелости у овощных и зерновых форм сои /Д.Р. Шафигуллин, В.Ф. Пивоваров, М.С. Гинс //Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 5. – С. 18-23.

8. Shafigullin D.R. Study of soybean vegetable samples in the conditions of the Central European part of Russia and modeling of new variety biotypes /D.R. Shafigullin, M.S. Gins, V.F. Pivovarov, A.V. Soldatenko //Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4. – С. 73-98.

9. Шафигуллин Д.Р. Исследование суммарного содержания антиоксидантов в семенах овощных бобовых культур, выращенных в условиях Московской области /Д.Р. Шафигуллин, А.А. Байков, Е.П. Пронина, А.В. Солдатенко, М.С. Гинс //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28). – С. 103-109.

10. Шафигуллин Д.Р. Изучение изменений некоторых биохимических показателей сои овощной (*Glycine max* L.). //Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2019. – №. 3. – С. 30-33.

#### **Статьи в прочих изданиях:**

11. Shafigullin D. Evaluation and selection of different varieties and lines of soybean for breeding for valuable traits in the Central European part of Russia /D. Shafigullin, V. Ulyumdzhieva //В сборнике: Современная парадигма научного знания: актуальность и перспективы. – 2016. – С. 107-110.

12. Shafigullin D. R. Evaluation and selection of different varieties and lines of soybean for breeding for valuable traits in the Central European part of Russia /D. R. Shafigullin, E.V. Romanova, M.S. Gins //First Students Conference Students for Agriculture, Thessaloniki. – 2016. – С. 35-37.

13. Шафигуллин Д.Р. Изучение накопления углеводов и фотосинтетических пигментов в листьях и семенах сои овощной (*Glycine max* L.) /Д.Р. Шафигуллин, М.С. Гинс, Е.В. Романова //В сборнике: VII научная международная конференция «Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения». – 2019. – С. 125-132.