

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Государственное научное учреждение
«Институт генетики и цитологии
Национальной Академии наук Беларуси»

УДК 633.34: 631.527 (476)

ГОЛОЕНКО
Денис Валерьевич

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ СОИ
ДЛЯ УСЛОВИЙ БЕЛАРУСИ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

по специальностям
06.01.05 – селекция и семеноводство
03.00.15 – генетика

Минск, 2007

Работа выполнена в Государственном научном учреждении
«Институт генетики и цитологии Национальной Академии наук Беларуси»

Научный руководитель: **Давыденко Олег Георгиевич**,
доктор биологических наук, профессор, член-
корреспондент НАН Беларуси, заведующий
лабораторией нехромосомной наследственности
ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН
Беларуси»

Официальные оппоненты: **Гриб Стаислав Иванович**,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
академик НАН Беларуси, главный научный
сотрудник лаборатории тритикале РУП «Научно-
практический центр НАН Беларуси по земледелию»

Гордей Иван Андреевич,
доктор биологических наук, профессор, заведующий
лабораторией хромосомной инженерии растений
ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН
Беларуси»

Оппонирующая организация: УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», г. Горки

Защита состоится «___» _____ 2007 г. в _____ часов на заседании
совета по защите диссертаций Д 01.31.01 при ГНУ «Институт генетики и
цитологии НАН Беларуси» по адресу: 220072 г. Минск, ул. Академическая 27.
Тел. (+375 17) 284 19 45, факс 284 19 17, эл. почта: N.Dubovets@igc.bas-net.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ «Институт генетики и
цитологии НАН Беларуси».

Автореферат разослан «___» _____ 2007 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
кандидат биологических наук



Н.И. Дубовец

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами. Диссертационная работа выполнена в рамках селекционной программы ООО «Соя-Север Ко.» созданного в 1992 году при Институте генетики и цитологии НАН Беларуси (ИГиЦ НАН Беларуси).

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является разработка генетических основ и методов селекции сои для Беларуси и создание новых высокопродуктивных сортов, адаптированных к географической зоне 50-54° с.ш. и сумме активных температур 2000-2400°С.

В задачи исследования входило:

1. Выявление доноров генов фотопериодической реакции сои.
2. Создание системы подбора родительских пар для получения высокопродуктивных, стабильных и технологичных раннеспелых сортов сои.
3. Усовершенствование методов гибридизации и отбора в селекции сои.

Объектами исследования служили сорта, гибридные популяции и селекционный материал этой культуры.

Положения, выносимые на защиту.

1. Наличие выявленного нами нового гена фотопериодической реакции сои приводит к удлинению репродуктивной фазы при отсутствии влияния на индукцию цветения. Это способствует повышению как потенциала, так и стабильности урожайности.
2. При освещении белыми люминесцентными лампами ген фотопериодической реакции сои *E2* не экспрессируется, что может быть использовано для его диагностики.
3. Интрогрессия генов сортов поздних групп спелости в генофонд раннеспелых сортов сои приводит к повышению урожайности на 13%, не препятствует созданию раннеспелых сортов и приводит к повышению генетического разнообразия.
4. Усовершенствованный метод гибридизации сои, а также разработанные нами методы: отбор элитных растений в двух географических точках, отбор по морфотипу в условиях низкого агрофона, учет краевых эффектов в мелкоделяночных питомниках – позволяют создавать высокопродуктивные и технологичные сорта сои для Беларуси и стран с аналогичным климатом.
5. Созданные при участии соискателя пять сортов сои: Ясельда, Припять, Ствига, Березина, Верас – дают в производственных условиях урожай до 3 – 3,5 т/га, вызревают в середине – конце сентября (110 – 130 суток), приспособлены к механизированной уборке, содержат в зерне 38-43% белка, 18-22% масла.

Личный вклад соискателя. Материалы, положенные в основу диссертационной работы, получены лично автором в ООО «Соя-Север Ко.» ИГиЦ НАН Беларуси. Личный вклад соискателя в опубликованные работы – от 20 до 100%. Доля авторских прав в созданных сортах составила: Ясельда – 20%, Березина – 30%, Ствига – 26%, Припять – 30%, Верас – 30%.

Автор выражает признательность специалистам отдела селекции ООО «Соя-Север Ко.» В.Е. Розенцвейгу и О.В. Шаблинской за помощь в проведении полевых опытов и обработке материала; В.В. Жмурко (Харьковский нац. университет) – за консультацию; Л.Н. Кобызевой (Нац. центр ген. ресурсов растений Украины, г. Харьков) – за предоставление данных по родословным украинских сортов сои; С.М. Тымчуку (Ин-т растениеводства, г. Харьков) и И.А. Рымашевской (ЦНИЛ хлебопродуктов, г. Смолевичи) – за проведение биохимических анализов; агроному ООО «Соя-Север Ко.» А.А. Зубковичу и сотрудникам Лунинецкого ГСУ (заведующий – И.И. Гладовский, с 2005 г. – С.Г. Гриневич) – за содействие в постановке полевых экспериментов.

Апробация результатов диссертации. Результаты исследований докладывались диссертантом на ESNA XXIX annual meeting, 7-12 сентября 1999 г., Уэе, Великобритания; на VIII Съезде генетиков и селекционеров Республики Беларусь (г. Минск, 23 – 25 июля 2002 г.); на научной конференции «Адаптивная селекция растений: теория и практика» (г. Харьков, Украина, 11 – 14 ноября 2002 г.); на Совещании селекционеров зернобобовых культур (г. Кировоград, Украина, 15 июля 2003 г.); на научной конференции «Проблема дефицита растительного белка и пути его преодоления» (г. Жодино, 13-15 июля 2006 г.).

Опубликованность результатов. По материалам диссертации опубликовано 22 печатные работы общим объемом 16,5 авторских листов, в том числе отдельными изданиями: 1 книга, 1 брошюра, 7 статей в научных журналах, 3 статьи в научных сборниках, 6 тезисов докладов научных конференций, получено 4 авторских свидетельства на сорта и справка о включении сорта в госреестр сортов Республики Беларусь.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, шести глав, заключения, библиографического списка и приложений. Диссертационная работа изложена на 104 страницах машинописного текста, включает 30 таблиц, 8 рисунков. Библиографический список включает 172 наименования, в том числе 84 на иностранных языках.

УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные исследования проводились на поле Лунинецкого ГСУ (Брестская обл., 52° с.ш., средняя сумма активных температур 2400°C), на супесчаных почвах, с содержанием гумуса 1,4 – 1,6%.

Различие погодных условий по годам за период изучения позволило провести разносторонний анализ технологичности и адаптированности раннеспелых сортов сои. Так, лето 2000 г. было прохладным и влажным, что привело к снижению урожаев среднепоздних сортов. Гидротермические условия 2001, 2003 и 2004 г.г., близкие к оптимальным по обеспеченности теплом и влагой, способствовали формированию высоких урожаев, но увеличивали полегание. Сильная засуха во второй половине лета в сочетании с высокими температурами в 2002 г. привела к снижению продуктивности всех сортов, позволив оценить их устойчивость к растрескиванию бобов. В 2005 г.

жаркая засушливая погода наблюдалась в июне, а общая сумма активных температур была близка к среднемноголетней.

Закладка конкурсного сортоиспытания и других деляночных опытов, полевые наблюдения и учеты, предуборочная оценка осуществлялись в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985).

Изучение фотопериодической реакции 51 коллекционного сорта сои проводилось на Опытной станции ИГиЦ НАН Беларуси в г. Минске при различных режимах освещения: естественный день, достигающий 17,5 ч в июне; 13-ч день; 24-ч день. Короткий день создавался путем укрытия растений черной полиэтиленовой пленкой. Непрерывное освещение обеспечивалось прожекторами заливающего света ПЗС с лампами накаливания (мощность светового потока около 45 Вт/м²). Реакция сортообразцов на люминесцентное освещение изучалась в ростовой камере с использованием ламп ЛД-40-2 при мощности светового потока 320 Вт/м². Изучение наследования проводилось путем гибридологического анализа F₂ гибридных комбинаций, родительские формы которых различались по генам фотопериодической реакции сои.

В работе проанализированы результаты конкурсного сортоиспытания за 2000-2005 г.г. и данные селекционного процесса ООО «Соя-Север Ко.» ИГиЦ НАН Беларуси за 1999-2005 г.г. по 47 тысячам линий из 635 гибридных комбинаций, полученных соискателем.

Анализ родословных 64 коллекционных сортов, в том числе собственной селекции, осуществлен по базам данных и оригинальным описаниям. Оценивалась также селекционная ценность 77 сортов, вовлекавшихся в гибридизацию за учетный период с помощью показателя селекционной ценности (ПСЦ) (Анощенко, 1998).

Статистическая обработка данных проводилась по общепринятым методикам (Доспехов, 1952; Рокицкий, 1973, Методика Госсортоиспытания, 1985). Урожайность измерялась в % от стандарта. Для исключения влияния позднеспелости использовался индекс накопления урожая, равный отношению урожайности к вегетационному периоду (кг/га × сут.). Анализ данных конкурсного сортоиспытания проводился с помощью программы «Field-100» (Б.Ю. Анощенко, ИГиЦ). Дисперсионный анализ стабильности урожайности проводился согласно методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой (Кильчевский, Хотылева, 1997) в программе Microsoft Excel.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В СЕЛЕКЦИИ СОИ

Скрининг коллекции на фоне различных режимов освещения. На широте Беларуси основным фактором, лимитирующим урожайность сои, является длина светового дня. Поэтому нами было изучено наследование фотопериодической чувствительности сои.

Все задействованные в эксперименте сорта сходным образом реагировали на укорочение светового дня до 13 ч: укорочением вегетационного периода на 4-33 суток, снижением высоты растений на 15-25 см, количества узлов – на 2-4.

Подавляющее большинство лучших по урожайности в условиях Беларуси сортов обладало нейтральной реакцией на фотопериод в фазе индукции цветения. Таким образом, раннее цветение, которое обеспечивается полным набором нейтральных аллелей *e1e2e3e4e5e7*, видимо, является существенным для формирования высокого урожая зерна в условиях Беларуси. Это согласуется со сделанным нами ранее выводом о том, что для климата, характеризующегося умеренным дефицитом осадков во второй половине лета, предпочтительна селекционная стратегия, направленная на смещение цветения на возможно более ранние сроки при сохранении общей продолжительности вегетационного периода [3].

Эффекты известных генов фотопериодической чувствительности описаны для индукции цветения, так как исследования по данной тематике были сосредоточены на этой фазе. В наших экспериментах анализ реакции сортов на фотопериод проводился вплоть до созревания (или регистрации его отсутствия). При этом выяснилось, что значительная часть сортов (16 из 51, или 31%) сильно затягивает созревание при круглосуточном освещении (на 30-50 суток). Ни один из описанных на сегодняшний день аллелей в локусах *e1 – e7* не оказывает такого эффекта на вегетацию сои.

Привлекая данные 3-летних испытаний в коллекционном питомнике задействованных в эксперименте сортов, мы установили, что средняя продолжительность вегетации чувствительных в фазе созревания сортов была на 9 суток больше, чем нейтральных (137 и 128 суток, соответственно). При этом урожайность первых была на 11% больше (107,3% и 96,6% от стандарта Ясельда, соответственно; $P < 0,05$). Коэффициент ранговой корреляции урожайности этих сортов с их реакцией на длину дня составил 0,49 (достоверен при $P < 0,01$) [5].

Генетический анализ наследования нового типа фотопериодической чувствительности. Для выявления характера наследования обнаруженного нами генетического фактора нами был предпринят гибридологический анализ F_2 следующих комбинаций: Березина х Устя, Березина х PS 3008-1, Янина х Maple Ridge, Янина х Чернятка, Янина х Припять, Янина х PS 3008-1, Янина х Maple Donovan. В этих комбинациях один или оба компонента скрещиваний не вызревали при круглосуточном освещении лампами накаливания. Гибриды F_2 и родительские сорта в качестве контролей выращивались в 2003 – 2005 г.г. при 24-часовом световом дне в тех же условиях.

Было показано доминирование чувствительности к фотопериоду в фазе созревания над нейтральностью.

Гибридологический анализ показал независимое наследование изучаемого гена с геном окраски опушения *T* и с геном формы листа *Ln*. Поскольку ген окраски опушения *T* тесно сцеплен с *E1* и *E7* (Cober et al., 2001), а *Ln* – с *E4* (Abe et al., 2003), это позволило исключить аллельность с *E1*, *E4* и *E7*.

В гибридной комбинации Яніна х Maple Donovan отцовская форма имеет генотип $e1E2e3e4e5e7$. В F_2 не вызревшие растения были классифицированы как носители двух доминантных аллелей $E2-Ex$ (изучаемый ген), созревшие за 132 суток – как класс Яніны, созревшие за 112-115 суток – как класс Maple Donovan, а созревшие за 102 дня (одновременно с нейтральным стандартом Березина) – как двойные рецессивные гомозиготы. Расщепление соответствовало формуле $9:3:3:1$ ($\chi^2 = 6,24$, квантиль 7,81). Дигибридный характер наследования и появление трансгрессивных нейтральных рекомбинантов позволили отвергнуть также и предположение об аллельности изучаемого гена с $E2$.

Хотя мы пока не можем исключить аллельность изучаемого нами генетического фактора с генами $E3$ и $E5$, мы полагаем, что он является новым локусом. Сорта – носители гена $E3$ распространены гораздо южнее 50° с.ш., и относятся к абсолютно иному генетическому пулу. Кроме того, этот ген имеет совершенно иной фенотипический эффект, его наличие исключает вызревание сортообразца в условиях Беларуси. Ген $E5$ является очень редким (Messina et al., 2006): единственный известный его источник – это очень позднеспелый малораспространенный японский сорт Meijo (IV группа спелости). Таким образом, его аллельность с рассматриваемым здесь геном также крайне маловероятна.

В гибридных комбинациях Яніна х Чернятка, Яніна х Припять, Яніна х PS 3008-1 вся популяция F_2 была чувствительной к длине дня на фазе созревания. Это говорит об аллельности гена чувствительности у данных сортов; в противном случае наблюдалась бы трансгрессивная рекомбинация с появлением $1/16$ части нейтральных растений. Хотя в F_2 Яніна х PS 3008-1 было убрано 2 растения, частично созревших к 15 октября (вегетационный период 146 суток), анализ семей F_3 в 2005 г. показал хорошо выраженную реакцию обеих семей на круглосуточное освещение при отсутствии расщепления по этому признаку. Следовательно, предположение о трансгрессии в гибридной комбинации Яніна х PS 3008-1 не подтвердилось. Таким образом, ген чувствительности к длине дня на фазе созревания аллелен по крайней мере у сортов Яніна, Припять, Чернятка, PS 3008-1 [1, с. 73-76].

Исходя из доказанной неаллельности этого гена с $E1$, $E2$, $E4$ и $E7$ и крайне незначительной вероятности его аллельности с $E3$ и $E5$ мы предлагаем ввести для него буквенное обозначение $E8$. Начата процедура официальной регистрации символа в Soybean Genetics Committee.

Особенности спектральной чувствительности нового гена $E8$ и гена $E2$. Люминесцентный свет может служить для диагностики генов серии E ввиду их дифференциальной реакции на соотношение квантов красного и дальнего красного света. Поэтому нами была изучена реакция ряда сортов на круглосуточное освещение белыми люминесцентными лампами.

Полученные нами результаты подтвердили данные Э. Кобера с соавторами о том, что носители генов $E1$ (AC Cormoran), $E4$ и $E7$ (L 62-667) не реагируют на удлинение светового дня при освещении белым люминесцентным светом

(Cober et al., 1996). Кроме того, были получены новые данные об отсутствии этой реакции и у сортов, несущих аллель *E2* (Maple Donovan, изолиния Clark-*E2*). Носители всех этих генов характеризовались ранним цветением, ранним созреванием и низкорослостью при освещении белыми люминесцентными лампами в противоположность выращиванию при естественном свете.

Носители нового гена: Янина, PS 3008-1, а также, видимо, Maple Arrow и Ясельда – напротив, продемонстрировали выраженную чувствительность как по вегетационному периоду, так и по высоте растений. Таким образом, и при люминесцентном свете эффект нового гена существенно отличался от других известных (таблица 1).

Таблица 1 – Реакция сортов сои на 24-часовой день при освещении люминесцентными лампами

Сорт, изолиния	Доминантные аллели генов <i>E</i>	Всходы – цветение, сут.	Всходы – созревание, сут.	Высота растений, см
OT 94-47	-	32	103	37
Юг-30	-	31	101	40
AC Cormoran	<i>E1</i>	34	113	40
Clark- <i>e1E2e3</i>	<i>E2</i>	34	103	-
Maple Donovan	<i>E2</i>	36	101	41
L 62-667	<i>E4E7</i>	33	101	-
L 64-4830	<i>E3E4E5E7</i>	89	не вызрел	110
OT 89-5	<i>E7</i>	31	101	42
Янина	« <i>E8</i> »	30	131	85
PS 3008-1	« <i>E8</i> »	33	142	-
Maple Arrow	« <i>E8</i> »	33	124	-
Ясельда	« <i>E8</i> »	45	131	90

Обобщение данных о системе фотопериодической реакции сои. Учитывая полученные нами и литературные (Bernard et al., 1971; Cober et al., 1996; Cober et al., 2001; McBlain et al., 1987) данные, сведения о системе генетического контроля фотопериодической реакции у сои можно суммировать следующим образом (таблица 2).

Новый локус фотопериодизма сои распространен среди раннеспелых сортов 00 группы в Европе и Канаде. Фотопериодическая чувствительность в нем доминирует. Установлена его неаллельность с *E1*, *E2*, *E4*, *E7*, а аллельность с *E3* и *E5* маловероятна.

Фенотипическое проявление данного гена четко отличается от всех известных: он не оказывает влияния на время начала цветения даже при круглосуточном освещении лампами накаливания, но удлиняет репродуктивную фазу на 8 суток при естественном освещении и примерно на 30 суток – при 24-часовом световом дне. Такой тип реакции сохраняется и при освещении люминесцентными лампами, в отличие от всех остальных генов (*E3* реагирует, но на фазе цветения).

Таблица 2 – Эффекты генов фотопериодизма на фазы вегетации сои в зависимости от продолжительности светового дня

Аллель	Всходы - цветение			Цветение - созревание			Всходы – созревание		
	12 ч	16 ч	20 ч	12 ч	16 ч	20 ч	12 ч	16 ч	20 ч
E1	-	++	++	-	-	-	-	++	++
E2	-	+	+	-	-	-	-	+	+
E3	-	+	+++	-	-	+	-	+	++++
E4	-	+	+++	-	-	-	-	+	+++
E5	-	+	н/д	-	++	н/д	-	++	н/д
E7	-	+	+	-	-	-	-	+	+
e6, j	++	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
«E8»	-	-	-	-	+	+++	-	+	+++

Примечание – «-» отсутствие эффекта
 «+» слабый эффект (удлинение фазы развития на 5-13 суток)
 «++» сильный эффект (18-23 суток)
 «+++» очень сильный эффект (около 30 суток)
 «н/д» нет данных

В полевых условиях наличие этого гена повышает урожайность в среднем на 11% [5]. Оно также приводит к раннему цветению при растянутой репродуктивной фазе. Удлинение репродуктивной фазы является механизмом повышения не только потенциала, но также засухоустойчивости и стабильности урожайности сои [1, 3] (Кочегура, 1998; Мирошниченко, 2004, 2005; Розенцвейг, 2006). Таким образом, использование этого гена в селекции раннеспелых сортов сои представляется чрезвычайно важным [5, 10].

ПРИНЦИПЫ ПОДБОРА РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР В ГИБРИЗАЦИИ СОИ

Анализ родословных. Для понимания принципов создания гибридных популяций при селекции сои на урожайность в группе спелости 00 нами были проанализированы родословные 64 раннеспелых сортов сои, испытывавшихся в коллекционном питомнике в 2001-2005 г.г. (таблица 3).

Таблица 3 - Урожайность, период вегетации и родословные некоторых лучших коллекционных сортов сои.

Сорт	Урожайность, % стандарта	Вегетационный период, сут.	Родословная (родительские формы 0-II групп спелости выделены курсивом)
McCall	106	123	Acme / <i>Chippewa</i> // <i>Hark</i>
Maple Donovan	111	131	Maple Arrow / <i>Harcor</i>
Maple Glen	112	133	Fiskeby 840-7-3 // Portage / <i>Amsoy III</i> // <i>Premier</i>
Maple Ridge	97	113	Fiskeby III / <i>Evans</i>
Alta	99	120	<i>Amsoy 71</i> / Maple Presto
AC Albatros	100	127	McCall // Fiskeby / <i>Harsoy</i>
Gentleman	103	122	<i>Ozzie</i> // ISZ-7 / BK-1714
KG-20	108	119	McCall // Fiskeby III / <i>Hardome</i>
ВНИИС-2	104	120	Л241-49/ Л286-49// <i>Запа</i> / Приморская 529

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выявлен новый ген фотопериодической реакции сои, эффект которого отличается от всех известных генов, и выделены его источники. Наличие нового гена затягивает репродуктивную фазу при отсутствии влияния на индукцию цветения и приводит к повышению урожайности в среднем на 11%. Показано отсутствие экспрессии гена *E2* при круглосуточном освещении белыми люминесцентными лампами, что может быть использовано для его диагностики [1, 3, 5, 10, 13].
2. Разработана система подбора родительских пар в селекции раннеспелых сортов сои, основанная на включении в селекционные программы позднеспелых родительских форм, в том числе не вызревающих в зоне, обслуживаемой селекцентром. Интрогрессия генов сортов поздних групп спелости в генофонд раннеспелых сортов сои приводит к повышению урожайности на 13%, не препятствует созданию раннеспелых сортов. Максимальная урожайность в условиях Беларуси с большей вероятностью достигается при использовании родительских форм I группы спелости [1, 8, 10].
3. Усовершенствованы методики оценки и отбора в селекции сои. Показана целесообразность отбора элитных растений в двух географических точках. Обоснована эффективность визуального отбора по морфотипу в условиях, неблагоприятных для оценки продуктивности и ведения отбора [1, 2, 11, 14, 15, 16].
4. Разработана методика оценки и учета различных типов краевых эффектов в мелкоделяночных питомниках в селекции сои, рассмотрены причины их

возникновения. Предложены поправочные коэффициенты к урожайности для повышения точности оценки и отбора селекционных образцов [4, 9].

5. Созданы и внесены в Госреестр Беларуси 5 сортов сои: Ясельда (зарегистрирован также в России, Украине, Великобритании и Киргизии), Припять, Ствига, Березина, Верас [19, 20, 21, 22]. Эти сорта в производственных условиях позволяют получать урожаи до 3-3,5 т/га, вызревают в середине – конце сентября (110 – 130 суток), содержат в зерне 38-43% белка, 18-22% масла [1, 6, 7, 12, 17, 18].

Рекомендации по практическому использованию результатов в селекции

1. В селекционных программах раннеспелых сортов сои необходимо использовать ген *E8*. Наличие этого гена повышает урожайность в среднем на 11%. Оно также приводит к раннему цветению при растянутой репродуктивной фазе, что способствует повышению не только потенциала, но также засухоустойчивости и стабильности урожайности сои. Подтвержденными источниками нового гена являются сорта Янина, Припять, Чернятка, PS 3008-1 [1, 3, 5].
2. В селекции на раннеспелость необходимо учитывать сцепление хозяйственно-ценных признаков с генами фотопериодизма [5, 13].
3. При планировании гибридных комбинаций в селекции раннеспелых сортов сои рекомендуется вовлекать в скрещивания сорта 0 – II групп спелости, но с большей вероятностью лучшие результаты достигаются при использовании сортов I группы.
4. Применение показателя селекционной ценности (ПСЦ) в селекции сои имеет ограниченное значение при поиске источников раннеспелости. В селекции на урожайность применение этого показателя приводит к использованию устаревшего исходного материала.
5. Для гибридизации сои рекомендуется использовать разработанную нами методику, которая предусматривает проведение скрещиваний в летней теплице с высадкой родительских форм в 2-3 срока в вегетационные сосуды. Эта методика позволяет снизить трудозатраты и зависимость от погодных условий, а также увеличить выход гибридов до 37% [1].
6. При статистическом анализе данных мелкоделяночных питомников (коллекционный, СП-1, СП-2) следует использовать поправочные коэффициенты для красевых эффектов.
7. В условиях, неблагоприятных для оценки продуктивности (засуха, низкий агрофон) рекомендуется проводить отбор по параметрам архитектуры растения (тип роста, ветвистость, число узлов).
8. На полях с ожидаемой урожайностью менее 2,5 т/га рекомендуется высевать сорт Припять как обладающий более стабильной урожайностью. При прогнозируемой урожайности более 2,5 т/га предпочтителен сорт Ясельда.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Отдельные издания

1. Давыденко, О.Г. Соя для умеренного климата / О.Г. Давыденко, **Д.В. Голоенко**, В.Е. Розенцвейг. – Мн.: Тэхналогія, 2004. – 176 с.
2. Каталог мировой коллекции ВИР. – Вып. 746: Соя. Исходный материал для селекции скороспелых сортов сои / О.Г. Давыденко, В.Е.Розенцвейг, **Д.В. Голоенко**, О.В. Шаблинская, М.А. Вишнякова, И.В. Сеферова. – СПб: ВИР, 2004. – 31 с.

Статьи в научных журналах

3. Breeding strategies for early soybeans in Belarus / V.E. Rosenzweig, **D.V. Goloenko**, O.G. Davydenko, O.V. Shablinskaya // Plant Breeding – 2003. – V. 122 – P. 456-458.
4. О реакции ветвистых и одностебельных сортов сои на плотность стеблестоя / В.Е. Розенцвейг, **Д.В. Голоенко**, О.В. Шаблинская, О.Г. Давыденко // Селекция и семеноводство. – 2003. – № 2. – С. 10-12.
5. Прояв фотоперіодичної реакції у ранньостиглих сортів сої / О.Г. Давиденко, В.В. Жмурко, **Д.В. Голоенко**, В.Е. Розенцвейг, О.В.Шаблінська // Селекція і насінництво. – 2004. – Вип. 88. – С. 151-162.
6. Раннеспелые сорта сои для производства пищевых белковых продуктов / О.Г. Давыденко, **Д.В. Голоенко**, В.Е. Розенцвейг, М.Л. Доморошенкова, Т.Ф. Демьяненко, И.Д. Спецакова // Масложир. пром. – 2004. – № 1. – С. 20-21.
7. Давыденко, О.Г. Селекционеры продвигают сою все дальше на север / О.Г. Давыденко, **Д.В. Голоенко** // Аграрный эксперт – 2006. – № 1. – С. 15-16.
8. **Голоенко, Д.В.** Принципы подбора родительских пар для создания раннеспелых сортов сои / **Д.В. Голоенко** // Селекція і насінництво. – 2006. – Вып. 92. – С. 79-87.
9. **Голоенко, Д.В.** Краевые эффекты в селекционных питомниках сои / Д.В. Голоенко, В.Е. Розенцвейг // Селекція і насінництво – 2006. – Вып. 93. – С.157 – 161.

Статьи в научных сборниках

10. Давыденко, О.Г. Подходы к селекции раннеспелых сортов сои / О.Г. Давыденко, **Д.В. Голоенко**, В.Е. Розенцвейг // Итоги исследований по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005-2010 г.г.: Сборник статей коорд. совещания. – Краснодар, 8-9 сентября 2004 г. – С. 110-127.
11. **Голоенко, Д.В.** Адаптивная селекция сои в Беларуси / Д.В. Голоенко, В.Е. Розенцвейг, О.Г. Давыденко // Проблемы дефицита растительного белка и пути его преодоления: Мат-лы междунар. научно-практич. конф. 13-15 июля 2006 г. / РНИУП «Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси». – Жодино, 2006. – С. 140-143
12. Белорусские сорта сои: возделывание, проблемы и перспективы / О.Г. Давыденко, Н.Н. Баранов, **Д.В. Голоенко**, В.Е. Розенцвейг // Проблемы дефицита растительного белка и пути его преодоления: Мат-лы

междунар. научно-практич. конф. 13-15 июля 2006. – Жодино, 2006. – С. 144-147.

Тезисы докладов

13. Наследование периода вегетации у сои в условиях БССР / О.Г. Давыденко, Б.Ю. Анощенко, **Д.В. Голоенко**, М.Г. Синявская, Я.Н. Устимович // Сб. тез. докл. Всесоюз. конф. «Частная генетика растений» – Киев, 1988. – С. 11-12.
14. Анализ наследования и взаимосвязи между количественными и качественными признаками сои / О.Г. Давыденко, Б.Ю. Анощенко, **Д.В. Голоенко**, В.Е. Розенцвейг // Сб. тез. докл. Всесоюз. конф. «Частная генетика растений». – Киев, 1988. – С. 52-53.
15. Davydenko, O.G. Soybean breeding work in Belarus / O.G. Davydenko, **D.V. Goloenko**, I. Russkikh // ESNA XXVII Annual Meeting and IUR Working group Soil-to-Plant Transfer Annual Meeting: Book of Abstracts. – 29 August – 2 September 1997, Ghent, Belgium. – P.76.
16. Davydenko, O.G. Long day and cold resistant soybean breeding / O.G. Davydenko, **D.V. Goloenko**, V.E. Rosenzweig // ESNA XXIX Meeting: Book of Abstracts. – Wye, Great Britain, 1999. – P. 137.
17. Селекция сои в Северной Европе и концепция сорта / **Д.В. Голоенко**, В.Е. Розенцвейг, О.В. Шаблинская, О.Г. Давыденко // Генетика и селекция в XXI веке: Мат-лы VIII съезда генетиков и селекционеров Республики Беларусь, Минск, 23-25 июля 2002. – Мн., 2002. – С. 32 – 33.
18. Селекция сои в Северной Европе и концепция сорта / **Д.В. Голоенко**, В.Е. Розенцвейг, О.В. Шаблинская, О.Г. Давыденко // Адаптивная селекция растений: теория и практика: Тез. докл. междунар. конф., Харьков, 11-14 ноября 2002. – Харьков, 2002. – С. 34-35.

Авторские свидетельства

19. Сорт сои Ясельда. Свидетельство селекционера № 0000712 / О.Г. Давыденко, В.Г. Михайлову, **Д.В. Голоенко**, Р.И. Мишустину, О.В. Шаблинской и др.; ИГиЦ НАН Беларуси. – Приказ МСХП РБ №17 от 26.01.1998. № заявки 9531211. Дата приоритета 22.12.1994.
20. Сорт сои Ствига. Свидетельство селекционера № 0001085 / О.Г. Давыденко, **Д.В. Голоенко**, О.В. Шаблинской, О.Н. Понятовской, А.А. Зубковичу; ООО «Соя-Север Ко». – Приказ МСХП РБ № 543 от 29.12.2001. № заявки 9700811. Дата приоритета 27.12.1996
21. Сорт сои Березина. Свидетельство селекционера № 0001517 / О.Г. Давыденко, **Д.В. Голоенко**, О.В. Шаблинской, В.Е. Розенцвейгу; ООО «Соя-Север Ко». – Приказ МСХП РБ № 7 от 15.01.2004. Заявка № 2000016. Дата приоритета 29.12.1999.
22. Сорт сои Припять. Свидетельство селекционера № 0001940 / О.Г. Давыденко, **Д.В. Голоенко**, О.В. Шаблинской, В.Е. Розенцвейгу; ООО «Соя-Север Ко». – Приказ МСХП РБ № 9 от 11.01.2006. № заявки 2003068. Дата приоритета 27.12.2002.

РЭЗЮМЭ

Галаенка Дзяніс Валер'евіч Аптымізацыя селекцыйнага працэсу соі для ўмоваў Беларусі

Ключавыя словы: соя, селекцыя, раннеспеласць, група спеласці 00, падбор бацькоўскіх пар, асабістая генэтыка соі, генэтыка фотаперыядызму, методыка селекцый, методыка гібрыдызацыі, краявыя эфекты.

Мэта даследванняў: аптымізацыя селекцый соі і стварэнне на гэтай аснове новых высокапрадуктыўных гатункаў, адаптаваных да ўмоваў Беларусі і рэгіёнаў з падобным кліматам.

Метады даследванняў. Доследы фотаперыядычнай рэакцыі гатункаў соі і яе гібрыдалагічны аналіз. Палявыя эксперыменты і статыстычны аналіз 7 селекцыйных цыклаў (47 тыс. ліній, 635 гібрыдных камбінацый), радаводаў 64 гатункаў соі.

Атрыманя вынікі. Выяўлены новы ген адчувальнасці да працягласці дня, эфект якога адрозніваецца ад усіх вядомых генаў. Ён зацягвае рэпрадуктыўную фазу, не ўплываючы на індукцыю цвіцення. У палявых умовах наяўнасць гэтага гена павялічвае ўраджайнасць на 11%, выклікае ранняе цвіценне пры расцягнутай рэпрадуктыўнай фазе. Гэта садзейнічае павышэнню не толькі патэнцыялу, але таксама засухаўстойлівасці і стабільнасці ўраджайнасці. Упершыню вывучана спектральная адчувальнасць гена *E2*.

Распрацавана сістэма падбору бацькоўскіх пар у селекцый раннеспелых гатункаў соі. Далучэнне да гібрыдызацыі познеспелых, у тым ліку не высыпаючых, бацькоўскіх формаў вядзе да павышэння ўраджайнасці да 13% (пры скарыстанні бацькоў I групы спеласці) і не перашкаджае стварэнню раннеспелых гатункаў.

Абгрунтавана методыка індывідуальнага адбору ў дзвюх геаграфічных пунктах і методыка адбору па параметрах архітэктуры расліны ў неспрыяльных умовах асяроддзя (засуха, нізкі аграфон). Прапанавана методыка вызначэння краявых эфектаў у дробнадзелянкавых гадавальніках.

Прапанавана методыка гібрыдызацыі соі ў летняй цяпліцы з высадкай бацькоўскіх формаў у вегетацыйнай сасуды, што дазваляе знізіць страты працы і залежнасць ад умоваў надвор'я, павялічыць выхад гібрыдаў да 37%.

Падчас выканання працы створаны 5 гатункаў соі, якія ўнесены ў Дзяржаўны рэстр Беларусі: Ясельда (зарэгістраваны таксама ў Расіі, Украіне, Вялікабрытаніі і Кіргізіі), Прыпяць, Ствіга, Бярэзіна, Верас. Гэтыя гатункі ў вытворчых умовах дазваляюць атрымліваць ураджаі да 3-3,5 т/га, высыпаюць у верасні, утрымліваюць 38-43% бялку, 18-22% алею.

РЕЗЮМЕ

Голоенко Денис Валерьевич

Оптимизация селекционного процесса сои для условий Беларуси

Ключевые слова: соя, селекция, раннеспелость, группа спелости 00, подбор родительских пар, частная генетика сои, генетика фотопериодизма, методика селекции, методика гибридизации, краевые эффекты.

Цель исследований: оптимизация селекции сои и создание на этой основе новых высокопродуктивных сортов, адаптированных к условиям Беларуси и регионов с аналогичным климатом.

Методы исследований. Эксперименты по выявлению фотопериодической реакции сортов сои и ее гибридологический анализ. Полевые эксперименты и статистический анализ 7 селекционных циклов (47 тыс. линий, 635 гибридных комбинаций), родословных 64 сортов сои.

Полученные результаты. Выявлен новый ген чувствительности к длине дня, эффект которого отличается от всех известных генов. Он затягивает репродуктивную фазу, не влияя на индукцию цветения. В полевых условиях наличие этого гена повышает урожайность на 11%, приводит к раннему цветению при растянутой репродуктивной фазе. Это способствует повышению не только потенциала, но также засухоустойчивости и стабильности урожайности. Впервые изучена спектральная чувствительность гена *E2*.

Разработана система подбора родительских пар в селекции раннеспелых сортов сои. Включение в гибридизацию позднеспелых, в т.ч. не вызревающих, родительских форм ведет к повышению урожайности до 13% (при использовании родителей I группы спелости) и не препятствует созданию раннеспелых сортов.

Обоснована методика индивидуального отбора в двух географических точках и методика отбора по параметрам архитектуры растения в неблагоприятных условиях среды (засуха, низкий агрофон). Предложена методика оценки краевых эффектов в мелкоделяночных питомниках.

Предложена методика гибридизации сои в летней теплице с высадкой родительских форм в вегетационные сосуды, позволяющая снизить трудозатраты и зависимость от погодных условий, увеличить выход гибридов до 37%.

В процессе выполнения работы созданы 5 сортов сои, внесенные в Госреестр Беларуси: Ясельда (зарегистрирован также в России, Украине, Великобритании и Киргизии), Припяць, Ствига, Березина, Верас. Эти сорта в производственных условиях позволяют получать урожаи до 3-3,5 т/га, вызревают в сентябре, содержат 38-43% белка, 18-22% масла.

SUMMARY

Goloenko Denis **Optimisation of breeding process for soybean in Belarus**

Keywords: soybean, breeding, earliness, maturity group 00, parental pairs selection, particular genetics of soybean, genetics of photoperiodism, breeding principles, methods of hybridisation, border effects.

Aim of investigation: optimisation of soybean breeding and development of new varieties for the conditions of Belarus and regions with similar climate

Methods of investigation. Experiments on photoperiodic reaction of soybean and its hybridological analysis. Field experiments and statistical analysis of 7 breeding cycles (47,000 lines, 635 hybrid combinations) and pedigrees of 64 soybean cultivars.

Results of investigations. A new gene for day length sensitivity with effect differing from any other known gene was revealed. It protracts reproductive stage under the natural and 24 h day while possessing no effect upon the flowering induction. Under the field conditions, the presence of this gene increases yield by 11% and causes early flowering and extended reproductive stage. It promotes increasing not yield potential only but drought resistance and yield stability as well. The spectral sensitivity of *E2* gene was studied for the first time.

The system of parental pairs selection for the breeding of early soybean varieties was elaborated. Including in crosses late maturing, and even non maturing parental forms, causes yield increase up to 13% (when using parents of I MG) and does not prevent obtaining early cultivars.

The method of individual selection in two localities and the method of selection by plant architecture traits under the difficult environmental conditions (drought, low agricultural background) were proposed. The method for evaluating border effects in small-plot nurseries was developed.

A method of soybean hybridisation in summer greenhouse with sowing parental forms in pots is proposed. The method allows decreasing crossing man-hours and avoiding unfavourable weather conditions, increases hybrids yield up to 37%.

During the fulfilment of this work, five soybean cultivars were developed and registered in Belarus: Yaselda (also registered in Russia, Ukraine, Great Britain (under the commercial name of Northern Conquest) and Kirghizia), Pripyat, Stviga, Berezina, Veras. At the commercial scale these cultivars produce yields reaching 3-3,5 t/ha, ripen in September, contain 38-43% protein and 18-22% oil.