

УДК 631.52:633.853.52

**ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ
ВЫСОКОБЕЛКОВЫХ СОРТОВ СОИ:
ВЫДЕЛЕНИЕ ЛИНИЙ СОИ
С РАЗНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ
УВЕЛИЧЕНИЯ БЕЛКА В СЕМЕНАХ
(СООБЩЕНИЕ 2)**

С.В. Зеленцов,
доктор сельскохозяйственных наук

Е.В. Мошненко,
кандидат биологических наук

А.В. Вайлова,
научный сотрудник

ФГБНУ ВНИИМК
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
Тел.: (861) 275–78–45
E-mail: vniimk-soy@yandex.ru

А.В. Реутина,
кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Донская опытная станция имени Л.А. Жданова»
Россия, 346754, Ростовская область, Азовский
район, пос. Опорный, ул. Жданова, д. 2
Тел.: (863) 247-74-53
E-mail: dos-vniimk@mail.ru

Для цитирования: Зеленцов С.В., Мошненко Е.В.,
Вайлова А.В., Реутина А.В. Перспективы селекции
высокобелковых сортов сои: выделение линий сои
с разными механизмами увеличения белка в семе-
нах (сообщение 2) // Масличные культуры. Науч-
но-технический бюллетень Всероссийского
научно-исследовательского института масличных
культур. – 2016. – Вып. 2 (166). – С. 42–49.

Ключевые слова: соя, семена сои, соевый бе-
лок, высокобелковые сорта сои, механизмы уве-
личения белка.

Результативность селекции высокобелковых
сортов сои в настоящее время имеет случайный
характер и не гарантирует успешного сочетания в
одном генотипе сои признаков высокой урожай-
ности и высокого содержания белка. В связи с
этим актуальным является изучение возможных
механизмов дополнительного накопления белка и
выделение из них наиболее селекционно полез-
ных, обеспечивающих успешную селекцию высо-
кобелковых и высокоурожайных сортов сои.
Исследования проводили в 2010–2015 гг. в
ФГБНУ ВНИИМК (г. Краснодар) и в ФГБНУ

«Донская опытная станция им. Л.А. Жданова».
Изучали сорта и линии сои с повышенным содер-
жанием белка. Среднебелковые (38–40 %) сорта
использовали в качестве стандартов. Расчётные
коэффициенты K_1 (сумма белка и масла) и K_2
(отношение белок/масло) использовали для выяв-
ления различных типов баланса содержания белка
и масла в семенах. Сформулированы четыре мо-
дели накопления дополнительного количества
белка в семенах сои: экологическая (ЭМ), кумуля-
тивно-протеиновая (КПМ), липидно-деградацион-
ная (ЛДМ) и углеводно-деградационная (УДМ)
динамические модели. Анализ динамик балансов
белка и масла у среднебелковых и высокобелко-
вых сортов и линий сои показал присутствие в
экспериментальной выборке генотипов, соответ-
ствующих всем четырём теоретическим моделям
накопления дополнительного количества белка в
семенах. Накопление белка в новых высокобелко-
вых линиях сои селекции ВНИИМК соответствует
реализации кумулятивно-протеиновой модели. Их
урожайность, сравнимая с этим показателем у
среднебелковых сортов, свидетельствует о пре-
одолении отрицательной корреляции между уро-
жайностью и содержанием белка в семенах, а
также об их пригодности к непосредственному
промышленному возделыванию в условиях юга
России.

UDC 631.52:633.853.52

**Prospects for breeding of high-protein soybean culti-
vars: Selection of soybean lines with different
mechanisms of protein increase in the seeds (Re-
port 2).**

Zelentsov S.V., doctor of agriculture
Moshnenko E.V., candidate of biology
Vaylova A.V., researcher

FGBNU VNIIMK
17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
Tel.: (861) 275–78–45
E-mail: vniimk-soy@yandex.ru

Reutina A.V., candidate of agriculture

FGBNU «Don Experimental Station by L.A. Zhdanov»
2, Zhdanova str., Oporny, Azov district, Rostov region,
346754, Russia
Tel.: (863) 247-74-53
E-mail: dos-vniimk@mail.ru

Key words: soybean, soybean seeds, soybean pro-
tein, high-protein soybean varieties, mechanisms of
protein increase.

The breeding effectiveness of high-protein soy-
bean cultivars currently is random and does not guar-
antee a successful combination in one genotype traits
of high yield and high protein content. This fact
proves an actuality of studying the possible additional

mechanisms of protein accumulation and allocation among them the most useful for breeding to ensure a successful breeding of high-protein and high-yielding soybean cultivars. Researches carried out in 2010–2015 at VNIIMK (Krasnodar region) and "Don Experimental Station by L.A. Zhdanov" (Rostov region). Soybean cultivars and lines with increased protein content were studied. Mid-protein (38–40%) cultivars were used as standards. The calculated coefficients K_1 (amount of protein and oil) and K_2 (the ratio of protein/oil) were used to detect the different types of balance of oil and protein contents in the seeds. Four dynamic models of additional proteins accumulation in the soybean seeds have been formulated: ecological (EM), cumulatively-protein (CPM), lipid-degradation (LDM) and carbohydrate-degradation (CDM). Analysis of the dynamics of proteins and oils balance in mid-protein and high-protein soybean cultivars and lines showed the presence of genotypes among the experimental samples, corresponding to all four theoretical models of additional protein accumulation in the seeds. The accumulation of the protein in the new high-protein soybean lines by VNIIMK breeding corresponds to the implementation of cumulative-protein model. Their yield, comparable with this trait in mid-protein cultivars, certifies overcoming the negative correlation between yield and protein content in the seeds, as well as their suitability to the direct commercial cultivation in the conditions of the south of Russia.

Введение. Стабильно высокий спрос мировой перерабатывающей и комбикормовой промышленности на высокобелковое растительное сырьё на протяжении практически всего XX века служил мотивационной основой для возникновения многочисленных селекционных программ по выведению сортов сои с повышенным содержанием белка [8; 13; 15; 16; 19; 20]. В ряде стран селекция и промышленное выращивание таких сортов поддерживается повышенными закупочными ценами или стимулирующими надбавками. Например, в Китае закупочная стоимость товарной сои с содержанием белка 44–45 % выше на 35–50 % по сравнению с ценами на обычную (38–40 % белка) сою [6]. В Японии экспортные поставки высокобелковой (преимущественно канадской) сои на внутренний рынок стимулируются дополнительными премиями в размере 50–150 \$/т [10].

Однако в процессе селекции высокобелковых сортов регулярно обнаруживалась их пониженная урожайность, что в большинстве случаев приводило к прекращению многочисленных селекционных программ [1; 2; 8; 13; 14; 15]. Тем не менее периодически появляются исследования, свидетельствующие о возможности снижения отрицательной взаимосвязи между урожайностью сои и повышенным содержанием белка в её семенах [2; 4; 5; 7; 11; 12]. Подобные факты являются обнадеживающим аргументом в пользу продолжения селекционных работ с целью выведения высокобелковых сортов, формирующих, как минимум, одинаковую с обычными среднебелковыми сортами урожайность. И в последние десятилетия в ряде стран удалось создать такие сорта.

В 2003 г. на Украине в институте масличных культур (г. Запорожье, 48° с. ш.) был выведен сорт сои Забава с содержанием белка 43 % и обычной для большинства сортов урожайностью [3]. В Австралии (г. Брисбэн, шт. Квинсленд, 27° ю. ш.) в 2013 г. был выведен и допущен к коммерческому возделыванию в зоне влажных тропиков сорт сои Наутан с урожайностью до 4,4 т/га и содержанием белка до 45,5 % [16]. Наиболее результативной в этом направлении оказалась канадская селекционная компания Semences Prograin (г. Монреаль, пров. Квебек, 45° с. ш.), создавшая в последнее десятилетие целую серию высокобелковых (44–46 %) сортов сои с урожайностью, в условиях достаточного увлажнения вполне сравнимой с обычными сортами [9; 10].

Однако анализ этих и других подобных фактов успешной селекции высокобелковых сортов сои показывает, что они, как правило, основаны на случайном обнаружении уникальных источников, соче-

тающих признаки высокой урожайности и повышенного содержания белка. При этом многочисленные исследования по изучению наследования признака высокого содержания белка, а также работы по выделению и картированию локусов, кодирующих этот признак, пока не дали ответа на вопрос о механизмах дополнительного накопления белка в семенах сои [4; 5; 11; 14; 15; 17; 18; 19; 20]. И в целом результативность современной селекции высокобелковых сортов сои всё ещё продолжает сохранять случайный характер и не гарантирует успешного сочетания в одном генотипе сои признаков высокой урожайности и высокого содержания белка. В связи с этим актуальным является изучение возможных механизмов дополнительного накопления белка и выделение из них наиболее селекционно полезных, позволяющих обеспечить в новых сортах успешное сочетание признаков высокобелковости и, как минимум, типичной для среднебелковых сортов урожайности.

Материал и методы. Исследования проводили в период 2010–2015 гг. на полях селекционных севооборотов ФГБНУ ВНИИМК (г. Краснодар) и ФГБНУ «Донская опытная станция им. Л.А. Жданова» (Ростовская область, Азовский район, пос. Опорный) с соблюдением принятой технологии возделывания сои. Предшественник в обоих пунктах испытания во все годы исследований – озимая пшеница. Биопрепараты с азотфиксирующими бактериями *Bradyrhizobium japonicum* (Kirch.) Jord. при посеве экспериментальных сортообразцов не применяли. Сев сои осуществляли в оптимальные сроки. Густота стояния 300–350 тыс. раст./га. Для данных исследований были отобраны сорта и линии сои с повышенным содержанием белка селекции ВНИИМК (Россия) и Semences Prograin (Канада).

Среднебелковыми (обычными) контролями служили очень ранний сорт Лира и ранний сорт Славия. Все сорта и линии сои на разных этапах изучения оценивали в питомниках исходного материала (ПИМ), экологического (ЭСИ), предварительного (ПСИ) и конкурсного (КСИ) сортоиспытания. Количество повторений в ЭСИ и ПСИ – 3; в КСИ – 4. Оценку содержания белка и масла в семенах проводили в лаборатории биохимии ВНИИМК на инфракрасных анализаторах. Дополнительно исследовали биохимический состав семян отдельных изучаемых сортов, выращенных в хозяйствах Краснодарского и Приморского краёв. Для определения механизмов дополнительного накопления белка в семенах использовали расчётные коэффициенты: коэффициент K_1 (сумма белка и масла), коэффициент K_2 (частное отношение белок/масло).

Результаты и обсуждение. В результате многолетних анализов биохимического состава большого количества сортообразцов сои нами были сформулированы четыре теоретических модели накопления дополнительного количества белка в семенах: экологическая (ЭМ), кумулятивно-протеиновая (КПМ), липидно-деградационная (ЛДМ) и углеводно-деградационная (УДМ) динамические модели (см. Сообщение 1). В реальных полевых условиях высока вероятность совместной реализации экологической модели дополнительного накопления белка в семенах в сочетании с одной из трёх остальных.

Динамики расчётных коэффициентов K_1 и K_2 , описывающих различные типы изменчивости относительного содержания белка и масла в семенах, в рамках предложенных моделей заметно отличаются между собой (рис. 1).

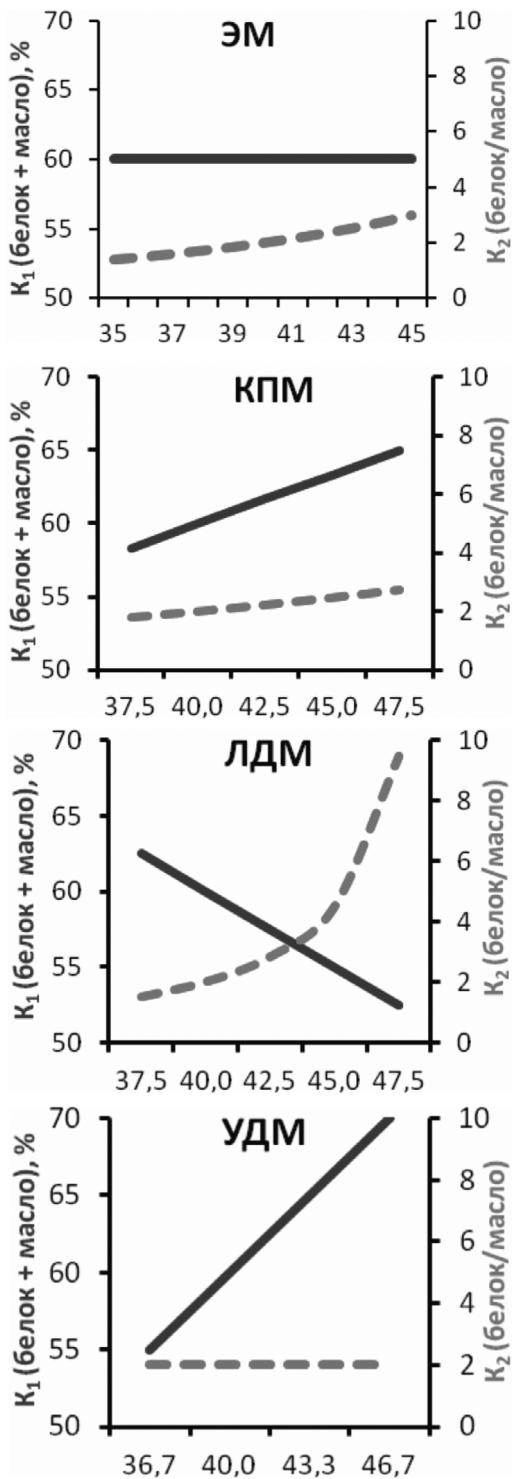


Рисунок 1 – Динамика балансов белка и масла в семенах сои в рамках экологической (ЭМ), кумулятивно-протеиновой (КПМ), липидно-деградационной (ЛДМ) и углеводно-деградационной (УДМ) моделей

Для выявления соответствия реальной динамики балансов белка и масла в ис-

следуемых сортообразцах сои с теоретическими моделями требуется не менее трёх лет или пунктов наблюдений по каждому сортообразцу. При этом сравнение динамических изменений коэффициентов K_1 и K_2 в экспериментальных сортообразцах с теоретическими моделями позволяет получить представление об основном факторе, вызвавшем дополнительное увеличение белка в семенах сои. Например, варьирование содержания белка и масла в семенах и производных из этих показателей – коэффициентов K_1 и K_2 в семенах обычных (среднебелковых) сортов Славия и Лира, в течение шести лет (2010–2015 гг.) выращиваемых в условиях центральной зоны Краснодарского края, наиболее соответствует экологической модели динамики накопления белка у этого сорта (рис. 2).

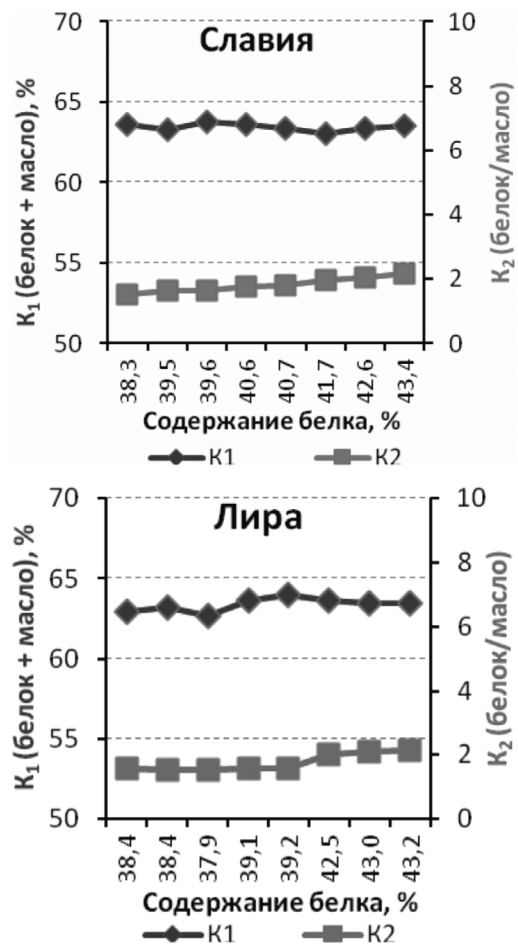


Рисунок 2 – Динамики баланса содержания белка и масла в семенах по коэффициентам K_1 и K_2 среднебелковых сортов сои Славия и Лира, 2010–2015 гг.

В отличие от среднебелковых сортов у высокобелкового сорта Фора с увеличением содержания белка сумма белка и масла (K_1) снижается, а относительная доля белка к маслу (K_2) увеличивается. Такие тренды динамик коэффициентов K_1 и K_2 определяются опережающими темпами уменьшения содержания масла в семенах, в результате чего относительная доля белка стремительно возрастает (рис. 3).

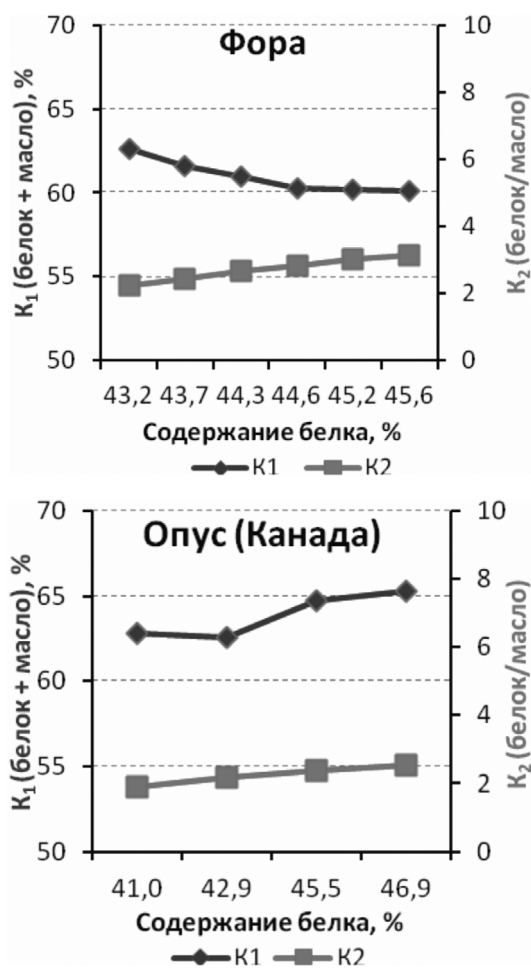


Рисунок 3 – Динамики баланса содержания белка и масла по коэффициентам K_1 и K_2 в семенах высокобелковых сортов Фора и Опус, 2010–2015 гг.

Динамика коэффициентов K_1 и K_2 у канадского высокобелкового сорта Опус заметно отличается от показателей сорта Фора. У этого сорта при увеличении содержания белка в семенах коэффициенты K_1 и K_2 возрастают.

В целом, динамика баланса содержания белка и масла у сорта Фора наиболее соответствует липидно-деградационной модели (ЛДМ) (см. рис. 1). Более слабое изменение коэффициентов K_1 и K_2 у сорта Фора по сравнению с теоретической моделью ЛДМ можно объяснить эффектом сложения разнонаправленных динамик липидно-деградационной и экологической моделей. При этом тренды коэффициентов K_1 и K_2 у сорта Фора приобретают промежуточный между этими моделями вид. Возможной причиной такого типа прироста содержания белка в семенах сорта Фора может быть частичная блокировка биосинтеза липидных фракций семени, например, в результате спонтанных или искусственных мутаций.

Выявленные у сорта Опус тенденции коэффициентов K_1 и K_2 больше соответствуют кумулятивно-протеиновой модели (КПМ) накопления белка в семенах. Реализация такого механизма позволяет предположить наличие в геноме сорта Опус дупликаций в комплексах генов, кодирующих синтез запасных белковых фракций. Также, как и в случае с сортом Фора, пониженный прирост значений коэффициента K_1 у сорта Опус может указывать на промежуточный эффект накопления белка в результате совместного вклада динамических моделей ЭМ и КПМ в этот признак.

В отделе сои ФГБНУ ВНИИМК уже несколько лет проходят испытание две группы отличающихся происхождением высокобелковых линий сои, по урожайности вполне сравнимых со среднебелковыми сортами.

Анализ четырёхлетних динамик коэффициентов K_1 и K_2 у первой группы высокобелковых линий на примере линии Л-77 показывает, что при увеличении содержания белка коэффициенты K_1 и K_2 имеют тенденцию к возрастанию. Динамика балансов белка и масла у этой группы линий, как и у сорта Опус, в целом соответствует кумулятивно-протеиновой модели (рис. 4).

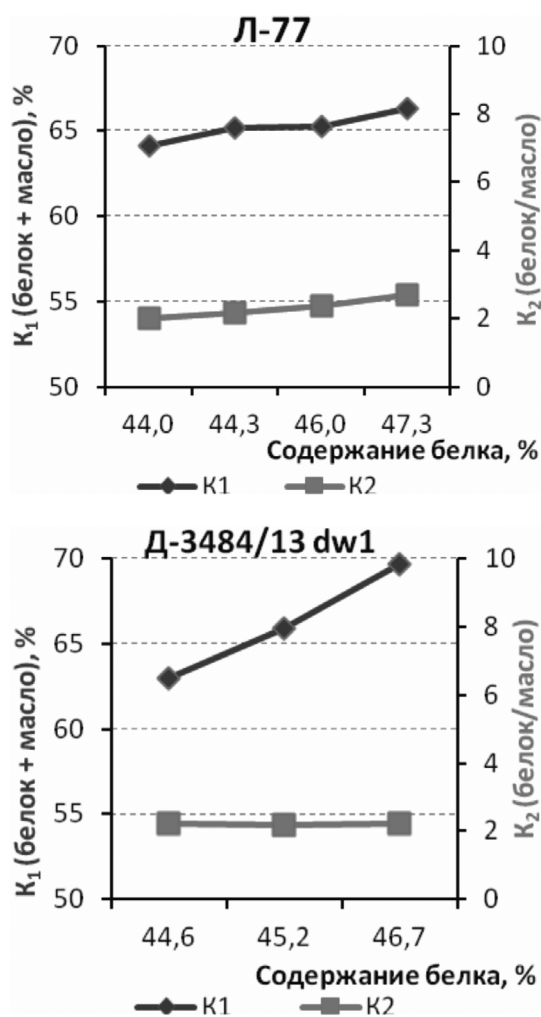


Рисунок 4 – Динамика баланса содержания белка и масла по коэффициентам K_1 и K_2 в семенах высокобелковых линий Л-77 и Д-3484/13 dw1, 2012–2015 гг.

Анализ трёхлетней динамики балансов белка и масла в семенах у второй группы высокобелковых линий на примере линии Д-3484/13 dw1 показал, что при увеличении содержания белка в семенах этой линии коэффициент K_1 заметно увеличивается, а коэффициент K_2 остаётся примерно на одном уровне. Такой характер относительной изменчивости белка и масла в семенах наиболее соответствует ещё одной теоретически предсказанной модели – углеводно-деградационной (рис. 4).

Обнаруженный у линии Д-3484/13 dw1 углеводно-деградационный тип динамики содержания белка позволяет предполо-

жить наличие негативных мутаций в комплексах генов, кодирующих формирование клетчатки и накопление углеводов в тканях семени.

Созданные в последние годы во ВНИИМК высокобелковые линии сои в 2015 г. оценивались по урожайности, засухоустойчивости, вегетационному периоду и другим хозяйственно ценным признакам. На рисунке 5 представлены результаты испытаний этих линий на урожайность в предварительном и конкурсном сортоиспытании. Для сравнения, в выборку анализируемых сортообразцов были включены выведенные во ВНИИМК в конце 90-х годов XX века высокобелковые сорта Фора и Валента, а также три современных высокобелковых канадских сорта сои Опус, Максус и Кассиди.

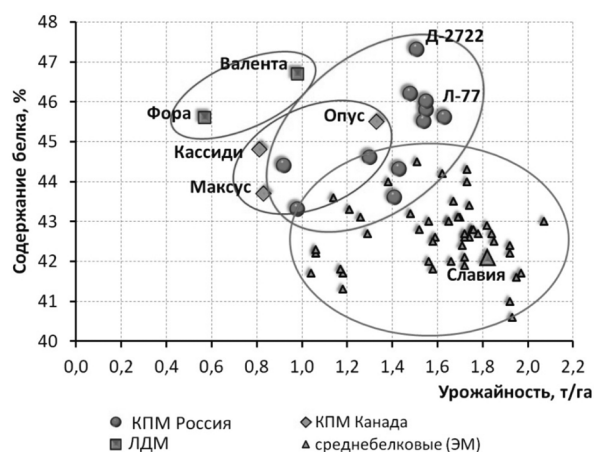


Рисунок 5 – Урожайность и содержание белка в семенах высокобелковых сортов и линий сои с различными механизмами дополнительного накопления белка на основе экологической (ЭМ), кумулятивно-протеиновой (КПМ) и липидно-деградационной (ЛДМ) моделей, $n = 64$, 2015 г.

Анализ представленных на рисунке 5 данных показывает, что стародавние высокобелковые сорта сои Фора и Валента в условиях 2015 г. сформировали низкие урожаи – 0,57 и 0,98 т/га соответственно. Из трёх высокобелковых (43,7–45,5 %)

сортов канадской селекции средний урожай в остросасушливых условиях 2015 г. сформировал только сорт Опус – 1,33 т/га. Урожайность остальных двух сортов составила всего 0,81–0,83 т/га. Средняя урожайность в выборке из 49 среднебелковых сортов и линий составила 1,61 т/га с диапазоном варьирования от 1,04 до 2,07 т/га. Урожайность одного из наиболее засухоустойчивых и высокоурожайных сортов с рядовым содержанием белка – сорта-стандарта Славия, в среднем по ПСИ и КСИ составила 1,81 т/га.

Анализ группы самых высокобелковых линий сои селекции ФГБНУ ВНИИМК показал, что при среднем содержании белка в их семенах около 45,1 % их среднегрупповая урожайность составила 1,39 т/га с варьированием этого показателя от 0,92 до 1,63 т/га. Причём урожайность шести самых высокобелковых линий (в среднем по группе 46,1 % белка) оказалась ещё выше и в среднем составила 1,54 т/га.

Выводы. Анализ многолетних динамик балансов белка и масла у среднебелковых и высокобелковых сортов и линий сои в условиях центральной зоны Краснодарского края показал присутствие в изучаемой выборке генотипов, соответствующих всем четырём теоретическим моделям накопления дополнительного количества белка в семенах.

Накопление белка в семенах современных высокобелковых отечественных и иностранных сортов наиболее соответствует реализации кумулятивно-протеиновой модели. Их урожайность, сравнимая с этим показателем у среднебелковых сортов, свидетельствует о преодолении отрицательной корреляции между урожайностью и содержанием белка в семенах в рамках этой модели, а также об их пригодности к промышленному возделыванию в условиях юга России.

Список литературы

1. Бородулина А.А., Супрунова Л.В., Каленов П.А. Химический состав семян и его применение в зависимости от сортовых особенностей и факто-

ров внешней среды // В кн.: Соя / Под ред. Ю.П. Мякушко и В.Ф. Баранова. – М.: Колос, 1984. – С. 73–86.

2. Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Фисенко П.П., Деда Л.А., Чайка Н.В., Капустин Ю.С. Соя на Дальнем Востоке. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – С. 77–82.

3. Григорчук Н.Ф. Достижения по селекции сои в институте масличных культур НААН Украины // Научно-технический бюллетень Института олійних культур НААН. – 2014. – № 20. – С. 92–100.

4. Джонсон Г.В., Бернгард Р.Л. Генетика и селекция сои. – М.: Колос, 1970. – С. 11–98.

5. Зеленцов С.В. Применимость закона гомологических рядов в селекции сои на качество // Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 1998. – Вып. 119. – С. 11.

6. Зеленцов С.В. Некоторые итоги VIII всемирной научной конференции по сое в Пекине // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 2 (141). – С. 99–104.

7. Зеленцов С.В. Селекционно-генетическое улучшение сои: основы, современные концепции и методы. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., KG, 2011. – 321 с.

8. Золотницкий В.А. Соя на Дальнем Востоке. – Хабаровск, 1962. – 238 с.

9. Карпов О.А., Коновалов Н.Н. Комплексный подход к выращиванию сои // Актуальные агросистемы. – Ростов-на-Дону, 2015. – С. 24–25.

10. Коновалов Н.Н. Канадские сорта сои. Высокий протеин: миф или реальность? // Материалы международной конференции «Корма.pro», 3–6 ноября 2015 г. – С-Петербург, 2015. – № 2. – С. 24.

11. Коробко В.А., Тарьца И.В. Изменчивость химического состава сои и его использование в селекционной работе на качество. – Кишинёв, 1986. – С. 147–158.

12. Кочегура А.В., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Петибская В.С. Селекционно-генетическое улучшение сои по биохимическим признакам // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2005. – Вып. 2 (133). – С. 24–35.

13. Сунь Син-дун. Соя. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 248 с.

14. Brim C.A., Burton J.W. Recurrent selection in soybeans. II. Selection for increased percent protein in seeds // Crop Science. – 1979. – Vol. 19. – P. 494–498.

15. Burton J.W. Breeding soybeans for improved protein quantity and quality // In: Proceedings of the World Soybean Research Conference III, Ames, IA. – Westview Press: Inc. Boulder, CO, 1984. – P. 361–367.

16. Hayman. Variety summary // In: Soy Australia. Breeding program. National development of new

varieties, 2015. – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.australianoilseeds.com/_data/assets/pdf_file/0014/10580/Seednet_Factsheet_Hayman.pdf (дата обращения: 18.02.2016).

17. Krishnan H.B., Natarajan S.S., Mahmoud A.A., Nelson R.L. Identification of Glycinin and β -Conglycinin Subunits that Contribute to the Increased Protein Content of High-Protein Soybean Lines // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 55. – P. 1839–1845.

18. Nelson R.L., Guzman P.S., Neece D.J. QTL associated with seed protein concentration from three sources of high protein // *Proc. of VII World Soybean Research Conference; Foz Do Iguassu, Brazil, 2004*. – P. 56.

19. Wehrman V.K., Fehr W.R., Cianzio S.R., Cavins J.F. Transfer of high-seed protein to high-yielding soybean cultivars // *Crop Science*. – 1987. – Vol. 27. – P. 927–931.

20. Wilcox J.R., Cavins J.F. Backcrossing high-seed protein to a soybean cultivar // *Crop Science*. – 1995. – Vol. 35. – P. 1036–1041.

References

1. Borodulina A.A., Suprunova L.V., Kalenov P.A. Khimicheskiy sostav semyan i ego primenenie v zavisimosti ot sortovykh osobennostey i faktorov vneshney sredy // *V kn.: Soya / Pod red. Yu.P. Myakushko i V.F. Baranova*. – M.: Kolos, 1984. – S. 73–86.

2. Vashchenko A.P., Mudrik N.V., Fisenko P.P., Dega L.A., Chayka N.V., Kapustin Yu.S. Soya na Dal'nem Vostoke. – Vladivostok: Dal'nauka, 2010. – S. 77–82.

3. Grigorichuk N.F. Dostizheniya po selektsii soi v institute maslichnykh kul'tur NAAN Ukrainy // *Naukovo-tekhnichniy byulleten' Institutu oliynikh kul'tur NAAN*. – 2014. – № 20. – S. 92–100.

4. Dzhonson G.V., Bernard R.L. Genetika i selektsiya soi. – M.: Kolos, 1970. – S. 11–98.

5. Zelentsov S.V. Primenimost' zakona gomologicheskikh ryadov v selektsii soi na kachestvo // *Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' VNIIMK*. – 1998. – Vyp. 119. – S. 11.

6. Zelentsov S.V. Nekotorye itogi VIII vsemirnoy nauchnoy konferentsii po soe v Pekine // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK*. – 2009. – Vyp. 2 (141). – S. 99–104.

7. Zelentsov S.V. Seleksionno-geneticheskoe uluchshenie soi: osnovy, sovremennyye kontseptsii i metody. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., KG, 2011. – 321 s.

8. Zolotnitskiy V.A. Soya na Dal'nem Vostoke. – Khabarovsk, 1962. – 238 s.

9. Karpov O.A., Konovalov N.N. Kompleksnyy podkhod k vyrashchivaniyu soi // *Aktual'nye agrosistemy*. – Rostov-na-Donu, 2015. – S. 24–25.

10. Konovalov N.N. Kanadskie sorta soi. Vysokiy protein: mif ili real'nost'? // *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Korma.pro», 3–6 noyabrya 2015 g.* – S-Peterburg, 2015. – № 2. – S. 24.

11. Korobko V.A., Tarytsa I.V. Izmenchivost' khimicheskogo sostava soi i ego ispol'zovanie v seleksionnoy rabote na kachestvo. – Kishinev, 1986. – S. 147–158.

12. Kochegura A.V., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Petibskaya V.S. Seleksionno-geneticheskoe uluchshenie soi po biokhimicheskim priznakam // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK*. – 2005. – Vyp. 2 (133). – S. 24–35.

13. Sun' Sin-dun. Soya. – M.: Sel'khozgiz, 1958. – 248 s.

14. Brim C.A., Burton J.W. Recurrent selection in soybeans. II. Selection for increased percent protein in seeds // *Crop Science*. – 1979. – Vol. 19. – P. 494–498.

15. Burton J.W. Breeding soybeans for improved protein quantity and quality // *In: Proceedings of the World Soybean Research Conference III, Ames, IA*. – Westview Press: Inc. Boulder, CO, 1984. – P. 361–367.

16. Hayman. Variety summary // *In: Soy Australia. Breeding program. National development of new varieties, 2015*. – [Elektronnyy resurs]. – URL: http://www.australianoilseeds.com/_data/assets/pdf_file/0014/10580/Seednet_Factsheet_Hayman.pdf (data obrashcheniya: 18.02.2016).

17. Krishnan H.B., Natarajan S.S., Mahmoud A.A., Nelson R.L. Identification of Glycinin and β -Conglycinin Subunits that Contribute to the Increased Protein Content of High-Protein Soybean Lines // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 55. – P. 1839–1845.

18. Nelson R.L., Guzman P.S., Neece D.J. QTL associated with seed protein concentration from three sources of high protein // *Proc. of VII World Soybean Research Conference; Foz Do Iguassu, Brazil, 2004*. – P. 56.

19. Wehrman V.K., Fehr W.R., Cianzio S.R., Cavins J.F. Transfer of high-seed protein to high-yielding soybean cultivars // *Crop Science*. – 1987. – Vol. 27. – P. 927–931.

20. Wilcox J.R., Cavins J.F. Backcrossing high-seed protein to a soybean cultivar // *Crop Science*. – 1995. – Vol. 35. – P. 1036–1041.