

УДК 631.527.4:633.853.52

ОТБОР В ГЕТЕРОГЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ СОИ: КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ (СООБЩЕНИЕ 2)

В.Е. Розенцвейг,

кандидат биологических наук

Д.В. Голоенко,

кандидат биологических наук

О.Г. Давыденко,

доктор биологических наук, член-корр. НАН Беларуси

ООО «Соя-Север»

Беларусь, 223051, Минский р-н, п. Колодищи,

ул. Минская, 5–412

Тел.: (+375 17) 508 1375

E-mail: select@sever.by

Для цитирования: Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Отбор в гетерогенных популяциях сои: конкурентоспособность (сообщение 2) // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – Вып. 2 (166). – С. 19–25.

Ключевые слова: селекция сои, генотипическая конкуренция, конкурентоспособность, продуктивность.

Основным возражением против отбора в разреженном стеблестое является тенденция к отбору сильных конкурентов, не реализующих свой потенциал в генетически однородном и плотном ценозе. Парадигма «зеленой революции» предполагает селекцию на пониженную конкурентоспособность для создания сортов, адаптированных к загущенным посевам, а прогресс в селекции атрибутирует преимущественно повышению уборочного индекса. Однако прогресс в селекции сои в разных странах, при некоторой противоречивости данных, обусловлен в большей степени прибавками общей биомассы, нежели ее перераспределением. Сильные конкуренты лучше подавляют сорняки и более стабильны при локальных неравномерностях плотности посева. Анализ взаимоотношений конкурентоспособности и продуктивности раннеспелых генотипов сои был проведен на модельных популяциях, представляющих собой смеси сортов 000–00 групп спелости. Конкурентоспособность генотипа выражалась как отношение его средней продуктивности в модельной популяции к его урожайности в однородном ценозе. Конкурентоспособность практически пол-

ностью определялась общим числом узлов на растении ($R^2 = 0,83$). Она не вступала в конфликт с урожайностью генотипа в однородном ценозе ($r = +0,09 \dots +0,18$), а преимущество более урожайных генотипов объяснялось не уборочным индексом ($r = -0,29$), а общей сухой биомассой ($r = +0,85$). Поэтому мы считаем возможным проведение отборов в гибридных питомниках сои при пониженной плотности популяции для снижения воздействия основного фактора средовых «помех» – экологической конкуренции.

UDC 631.527.4:633.853.52

Selection in heterogeneous soybean populations: 2. Competitive ability.

Rosenzweig V.E., candidate of biology

Goloenko D.V., candidate of biology

Davydenko O.G., doctor of biology, professor

Soya-North Co.

Belarus, 223051, Minsk distr., Kolodischi, Minskaya, 5–412.

Phone: (+375 17) 508 1375

E-mail: select@sever.by

Key words: soybean breeding, genotypic competition, competitive ability, yield.

A main objection against individual plant selection at low plant population is a tendency to select strong competitors which don't realize their yield potential in a genetically uniform and dense cenosis. A 'green revolution' paradigm implicates decreasing competitive ability to develop cultivars adapted to dense cenosis, while breeding progress is mostly attributed to increase of a harvest index. However, progress in soybean breeding in various countries is predominantly caused by total dry biomass increase rather than its redistribution, although the data are some inconsistent. Strong competitors better suppress weeds and possess greater yield stability in case of local irregularities of plant population. Interrelations of competitive ability and seed yield of early soybean genotypes were studied in model populations consisting of 000–00 maturity group cultivar mixtures. Competitive ability of genotype was expressed as a ratio of the given genotype's average yield in the model population to its yield in a pure line crop. Competitive ability was nearly completely governed by a total node number per plant ($R^2 = 0.83$) and was not in conflict with seed yield in the pure line crop ($r = +0.09$ to $+0.18$). The advantage of better yielding genotypes was not due to the harvest index ($r = -0.29$) but to the greater total dry biomass ($r = +0.85$). Thus, we consider plant selection in hybrid nurseries at low plant population to be reasonable in order to reduce the major component of genetically useless variance that is ecological (intra-genotypic) competition.

Введение. В первой части настоящего цикла публикаций была рассмотрена структура дисперсионного комплекса

факторов, формирующих вариацию продуктивности растений сои в гетерогенных популяциях, которые служили моделью для исследования процесса отбора в гибридных питомниках. Хотя селекционно-полезная вариация σ_{gu}^2 была низкой, что согласуется и с литературными данными, было обнаружено, что ее доля несколько увеличивалась при пониженной плотности стеблестоя, главным образом, за счет снижения экологической конкуренции, которая выражается вариацией σ_{ecom}^2 , образующей большую часть (55-87 %) средовых «шумов». Помимо этого, не исключено, что часть генотипической конкурентной вариации σ_{ecom}^2 также может быть селекционно-полезной в том случае, если повышение индивидуальной конкурентоспособности растений сои не противоречит реализации потенциала их продуктивности в производственном посеве.

Основным возражением против отбора в разреженном стеблестое является тенденция к отбору сильных конкурентов, обладающих высоким потенциалом продуктивности и способностью к захвату жизненного пространства за счет соседей, но не реализующих свой потенциал в условиях конкуренции за ресурсы в генетически однородном и плотном ценозе [12; 18: с. 169]. Драгавцев и Герасименко [3] указывают на отсутствие исследований, в которых генетическая корреляция урожайности с конкурентоспособностью была бы положительной. Согласно Лещенко и др. [11], конкурентоспособность генотипа сои чаще обратно пропорциональна его урожайности. Чекалин [19] отмечает, что среди селекционеров нет единого мнения относительно увеличения или снижения индивидуальной конкурентоспособности растений, но, по крайней мере, для интенсивных сортов необходимо последнее.

Модель сорта зерновых культур, сформулированная в рамках парадигмы «зеленой революции», предполагает селекцию на пониженную конкурентоспособность с целью создания сортов, адаптированных к загущенным посевам [2; 22]. Прогресс в селекции на урожай-

ность эта концепция атрибутирует преимущественно повышению доли хозяйственно полезной биомассы [6; 7]. Эту концепцию поддерживают исследования, согласно которым прогресс в селекции на урожайность в Канаде и США происходил на фоне повышения уборочного индекса (УИ) на 0,5 % в год при неизменной общей сухой биомассе (ОБМ) [30; 31].

Однако в другой выборке канадских сортов прирост урожайности на 78 % определялся увеличением ОБМ, и лишь на 22 % – УИ [27]. В ряде обзоров [24; 29; 32] приводятся данные о постоянстве УИ в ходе селекции сои в США, Японии и Китае, тогда как прибавки урожайности объясняются повышенным накоплением современными сортами ОБМ в период налива зерна. В свою очередь, прибавки биомассы были достигнуты в основном благодаря увеличению площади листовой поверхности и времени жизни листьев за счет замедленной реутилизации азота [21; 24; 29].

Из этого можно заключить о существовании генетической вариации по ОБМ (при данной емкости среды), которая объясняется, в том числе, различиями генотипов по способности извлекать малодоступные ресурсы. Так, для индетерминантного морфотипа сои характерны более продолжительный рост корней в глубину [4] и более высокая засухоустойчивость [9; 23; 25]. Кочерина [10] указывает, что на фоне засухи в репродуктивной фазе отбор по индексу аттракции может привести к потере засухоустойчивых форм, поскольку последние обладают увеличенной массой как колоса, так и соломины, и рекомендует проводить отбор по максимальной ОБМ. Сообщается, что генетические прибавки урожая вигны в саваннах Нигерии достигнуты, в основном, за счет ОБМ [26]. С другой стороны, в интенсивных условиях детерминантный морфотип самоограничивает свой потенциал продуктивности, прекращая формирование новых узлов, в то время как доступных ресурсов еще достаточно [14; 15], следствием чего является низкая биомасса. Холодоустойчивые линии сои в условиях о. Хоккайдо

формировали более высокий урожай как зерна, так и листостебельной массы [28]. Таким образом, сама емкость среды есть величина, зависящая от набора генотипов.

Необходимо принять во внимание также и то, что сое присущ медленный начальный рост. Поэтому основным фактором, снижающим ее урожайность, является сорная растительность. Особенно остро эта проблема встает для 000–00 групп спелости, в которых преобладают относительно невысокие, компактные морфотипы. Направленная селекция ран-незрелых сортов сои на снижение конкурентоспособности растения усугубит потери урожая, вызванные сорняками, в реальной производственной ситуации, так как сильные конкуренты лучше подавляют сорную растительность [1; 13].

Кроме того, отбор сильных конкурентов может повышать адаптивность и урожайность даже в однородном плотном ценозе. Так, в дробном учете потери урожайности одностебельного сорта от неравномерного размещения растений составляли 23 % даже при близкой к оптимальной средней плотности стеблестоя [16]. Способность же генотипа к гомеостазу урожайности при пониженных плотностях ценоза или локальной неравномерности посева определяется, в основном, числом узлов главного побега и боковым ветвлением [17], т.е. параметрами конкурентоспособности. Учитывая то, что в разреженных посевах снижаются потери, вызванные полеганием и заболеваниями, а стоимость семян составляет значительную часть затрат на агротехнику сои (около 20 %), нам представляется актуальной направленной селекцией ран-незрелых сортов сои для пониженных норм высева (~30 раст./м²), что предполагает увеличение индивидуальной конкурентоспособности.

Материал и методика. Анализ взаимоотношений конкурентоспособности и продуктивности раннезрелых генотипов сои был проведен на модельных гетерогенных популяциях, представляющих собой смеси сортов, различающихся по апробационным признакам, и выращенных с плотным (40 раст./м²) и раз-

реженным (20 раст./м²) стеблестоем. Урожайность сортов, включенных в модельные популяции, параллельно оценивалась в 3-рядковых делянках в 5–6 повторностях. Подробно эти популяции и принцип их формирования описаны в 1-й части настоящего цикла публикаций.

Конкурентоспособность генотипа (*Com*) была выражена следующим отношением:

$$Com = \frac{\bar{y}_{hp}}{Y}, \quad (1)$$

где \bar{y}_{hp} – средняя продуктивность растений данного генотипа в гетерогенной популяции, *Y* – его урожайность в однородном ценозе, оцененная в многорядковых делянках с повторениями.

Результаты и обсуждение. Уборочный индекс и урожайность. Корреляция УИ с урожайностью генотипов была статистически незначимой (*r* = -0,29). Преимущество более урожайных генотипов объяснялось их более высокой ОБМ (*r* = 0,85, $\alpha < 0,001$).

Средовая же, внутривариационная, корреляция уборочного индекса с продуктивностью растения (*r_e*), как видно из таблицы 1, у сои всегда положительна.

Таблица 1

Урожайность, конкурентоспособность и уборочный индекс сортов сои (2010–2015 гг.)

| Сорт | Урожайность (Y), % ¹ | Средняя продуктивность в гетерогенной популяции (\bar{y}_{hp}) ² , % от центральной средней | | Конкурентоспособность в гетерогенной популяции (<i>Com</i>) | | Уборочный индекс (УИ), % | <i>r_e</i> УИ – \bar{y}_{hp} ³ |
|-----------|---------------------------------|--|-------------------------|---|-------------------------|--------------------------|---|
| | | 40 раст./м ² | 20 раст./м ² | 40 раст./м ² | 20 раст./м ² | | |
| | | Припять | 105 | 103 | 93 | | |
| Оресса | 100 | 108 | 112 | 1,08 | 1,12 | 46 | 0,36 |
| Грација | 98 | 96 | 111 | 1,03 | 1,18 | 42 | 0,80 |
| McCall | 96 | 130 | 166 | 1,20 | 1,54 | 37 | - |
| Щара | 92 | 93 | 82 | 0,98 | 0,87 | 45 | 0,35 |
| Gentleman | 90 | 109 | 120 | 1,20 | 1,33 | 36 | 0,53 |
| Золотиста | 89 | 101 | 85 | 1,14 | 0,99 | 39 | 0,19 |
| Major | 86 | 133 | 122 | 1,63 | 1,49 | 45 | 0,35 |
| Білявка | 85 | 75 | 64 | 0,88 | 0,75 | 41 | 0,55 |
| Снежок | 81 | 99 | 120 | 1,22 | 1,48 | 50 | 0,48 |
| OT 94-47 | 75 | 117 | 128 | 1,56 | 1,71 | 46 | 0,46 |
| Соер 5 | 72 | 55 | 52 | 0,74 | 0,71 | 50 | 0,34 |
| Малахит | 63 | 50 | 47 | 0,79 | 0,75 | 42 | 0,40 |

Примечания:

¹ В 3-рядковых делянках в 5–6 повторностях; 100 % = 2,52 т/га

² В % от центральной средней по варианту опыта

³ Для каждого генотипа по объединенным выборкам из гетерогенных популяций при 40 и 20 раст./м²

Такой же характер зависимости наблюдался в дробных учетах 2009–2011 гг. (сорт Припять): уборочный индекс положительно коррелировал с урожайностью ($r_e = 0,80$, $\alpha < 0,001$) и отрицательно – с плотностью стеблестоя ($r_e = -0,06 \dots -0,49$), как и в аналогичных опытах, проведенных в США [20]. Иными словами, увеличение почвенного плодородия или площади питания, т.е. доступных ресурсов, ведет к повышению не только урожайности, но и доли полезной биомассы у сои.

Противоположное явление характерно для подсолнечника [4; 7]. Благодаря его глубокой корневой системе, а также способности прекращать формирование избыточной транспирационной поверхности при недостатке влаги [6], УИ этой культуры относительно стабилен на фоне дефицита ресурсов. Соя же как растение муссонного климата, не обладает эффективной обратной связью для остановки нарастания площади листьев при начинающейся засухе, что приводит к «неэкономной» транспирации и падению УИ [5; 8].

Конкурентоспособность и урожайность. Ранговая корреляция Спирмена (r_s) конкурентоспособности генотипов в смеси при 40 и 20 раст./м² с их урожайностью в однородном ценозе (см. табл. 1) составила 0,09 и 0,18 соответственно (оба коэффициента статистически незначимы). Это говорит о том, что, по крайней мере, в изученной выборке конкурентоспособность не вступает в конфликт с урожайностью. Наиболее вероятное объяснение этого явления заключается в том, что как урожайность, так и конкурентоспособность генотипа были положительно связаны с высотой растения ($r = 0,74$ ($\alpha < 0,01$) и 0,18 соответственно) и с числом узлов главного побега ($r = 0,60$ ($\alpha < 0,05$) и 0,41 соответственно).

Таким образом, на примере выборки генотипов сои 000 – ранней 00 групп спелости показано, что отбор на повышение индивидуальной конкурентоспособности не ведет к снижению урожайности в однородной популяции (чистой линии). При некоторой противоречивости данных прогресс в селекции на урожайность этой

культуры в разных странах на сегодняшний день обусловлен в большей степени прибавками общей биомассы, нежели ее перераспределением. Поэтому, несмотря на определенные различия генотипов по конкурентоспособности, мы полагаем возможным проведение отборов в гибридных питомниках сои при пониженной плотности популяции для снижения воздействия основного фактора средовых «помех» – экологической конкуренции.

Генотипическая конкуренция и морфотип. Связь конкурентоспособности генотипов и общей надземной биомассы была положительной ($r = 0,32$). Параметром, вносящим наибольший вклад в конкурентоспособность (Com) генотипа в гетерогенной популяции и, фактически, определяющим ее, оказалось общее число узлов на растении, измерявшееся в модельных популяциях с плотностью 20 раст./м² (nt_{20}):

$$Com = 0,044 nt_{20} + 0,163; R^2 = 0,827. \quad (2)$$

Эта зависимость представлена на рисунке 1. Действительно, общее число узлов – это интегральный показатель, характеризующий как высоту, так и ветвление растения. Оба эти параметра связаны с агрессивностью генотипа и его способностью к захвату микронизи в агроценозе.

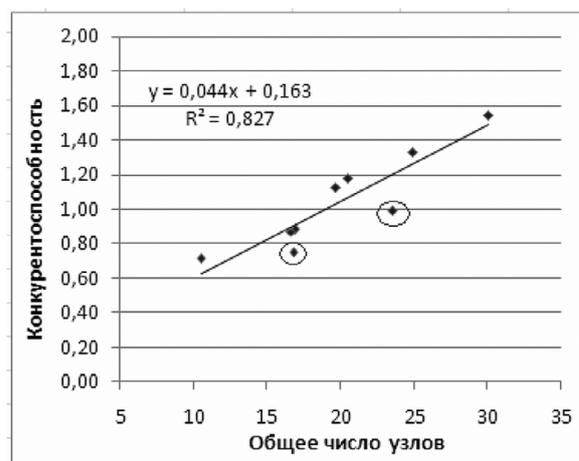


Рисунок 1 – Регрессия конкурентоспособности на общее число узлов у сои в модельных гетерогенных популяциях с плотностью 20 раст./м² (объединенные данные за 2014–2015 гг.)

Отметим, что точки, лежащие ниже линии регрессии (обведены на рис. 1), соответствуют сортам со сжатой формой куста (в изученной выборке – Золотиста, Билявка). Несмотря на то, что такие генотипы могут иметь довольно высокое общее число узлов, они не способны эффективно захватывать окружающее пространство в силу характера своего ветвления, поэтому их конкурентоспособность ниже ожидаемой.

Практически такая же тесная связь наблюдалась и между конкурентоспособностью (Com) и числом узлов главного побега (nn_{20}). Эти параметры были связаны уравнением регрессии:

$$Com = 0,187 nn_{20} - 1,15; R^2 = 0,81. \quad (3)$$

Иными словами, каждый узел главного побега увеличивает конкурентоспособность генотипа в среднем на 0,19, а его продуктивность в гетерогенной популяции, соответственно, возрастает на 19 % благодаря генотипической конкуренции. В то же время селекционно-полезная прибавка урожайности (измеренная в чистых линиях) составляет 7 % на каждый дополнительный продуктивный узел главного побега [14], что было подтверждено и в изученной выборке:

$$Y (\%) = 6,01 nn + 28,64; R^2 = 0,44. \quad (4)$$

Таким образом, наличие генотипической конкурентной вариации σ_{gcom}^2 , которая превышает селекционно-полезную вариацию σ_{gu}^2 , приводит к снижению эффективности отбора: отбирая высокопродуктивные агрессивные растения в гибридной популяции, селекционер получает существенно меньший генетический сдвиг по урожайности, чем он рассчитывал. Тем не менее эффективность этих отборов положительна, хотя их «КПД» составляет 0,3 (= 6/19). Отбор конкурентоспособных генотипов в популяциях сои 00–000 групп спелости приводит в целом к позитивному генетическому сдвигу, хотя его скорость снижена по причине помех, обусловленных σ_{gcom}^2 .

В следующей части этого цикла публикаций будут рассмотрены проблемы и подходы к более точной идентификации селекционно ценных генотипов в рамках концепции фоновых признаков.

Выводы. 1. Прогресс в селекции сои на урожайность в разных странах обусловлен в большей степени прибавками общей биомассы, чем уборочным индексом.

2. Конкурентоспособность генотипов сои в гетерогенных популяциях определяется общим числом узлов на растении.

3. Генотипическая конкурентоспособность в изученной выборке 00–000 групп спелости не конфликтует с урожайностью в однородном ценозе.

4. Предполагается, что отбор в гибридных питомниках при пониженной плотности уменьшит экологическую конкуренцию и не приведет к снижению урожайности в чистой линии.

Список литературы

1. Баранов В.Ф., Махонин В.Л. Экологическая роль сорта в агроценозах сои // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2013. – Вып. 2 (155–156). – С. 154–162.
2. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений. – М., 1984. – 344 с.
3. Драгавцев В.А., Герасименко И.И. Об эффективности идентификации генотипов по фенотипам при визуальном отборе пшеницы в F_2 по признаку «масса зерна с главного колоса» // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 29–31.
4. Дьяков А.Б. Принципы оптимизации архитектуры посевов в условиях дефицита влаги и азота // Аграрная Россия. – 2002. – № 1. – С. 6–18.
5. Дьяков А.Б., Васильева Т.А. Биометрические оценки адаптивности сортов сои // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2007. – Вып. 1 (136). – С. 31–41.
6. Дьяков А.Б., Васильева Т.А. Взаимосвязи признаков продуктивности и адаптивности сортов сои при разных типах погоды юга России // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 1 (140). – С. 68–79.
7. Дьяков А.Б., Деревенец В.Н., Васильева Т.А., Фролов С.С. Искажение конкуренцией селекционных признаков растений подсолнечника и фоновые признаки для коррекции оценок продуктивности // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2006. – Вып. 2 (135). – С. 3–14.

8. Дьяков А.Б., Трунова М.В., Васильева Т.А. Оценка потенциалов урожайности и засухоустойчивости сортов сои // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 2 (141). – С. 78–86.

9. Кочегура А.В. Селекция сортов сои разных направлений использования: автореф. ... дис. д-ра с.-х. наук. – Краснодар, 1998. – 47 с.

10. Кочерина Н.В. Алгоритмы эколого-генетического улучшения продуктивности растений: дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 2009. – 130 с.

11. Лещенко А.К., Сичкарь В.И., Михайлов В.Г., Марьюшкин В.Ф. Соя. – Киев: Наукова думка, 1987. – 256 с.

12. Литун П.П. Приемы уменьшения фенотипической изменчивости и ее компонентов на разных этапах отбора в селекции // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1978. – С. 93–100.

13. Лукомец В.М., Пивень В.Т., Кочегура А.В., Дряхлов А.И., Бушинева Н.А. Болезни, вредители и сорняки на посевах сои в Краснодарском крае и меры борьбы с ними // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2007. – Вып. 1 (136). – С. 66–75.

14. Розенцвейг В.Е. Исходный материал и селекционно-генетическое обоснование модели сорта сои для условий Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Минск, 2007. – 20 с.

15. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Реакция генотипов с различной структурой продуктивности на изменения условий и дифференцирующая способность среды // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 1 (140). – С. 79–83.

16. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Ветвление как фактор стабилизации урожая сои в производстве // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2010. – Вып. 2 (144–145). – С. 81–83.

17. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Возможность селекции раннеспелых сортов сои для пониженной плотности стеблестоя // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2011. – Вып. 1 (146–147). – С. 40–43.

18. Селекция сортов сои северного экотипа / Под ред. А.П. Устюжанина, В.Е. Шевченко [и др.]. – Воронеж–Белгород, 2007. – 225 с.

19. Чекалин Н.М. Основные направления селекции зернобобовых культур // Сельскохозяйственная биология. – 1979. – Т. 14. – № 6. – С. 695–703.

20. Ball R.A., Purcell L.C., Vories E.D. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime // Crop Sci. – 2000. – V. 40. – P. 1070–1078.

21. Boote K.J., Jones J.W., Batchelor W.D., Nafziger E.D., Myers O. Genetic coefficients in the CROPGRO-soybean model. Links to field perfor-

mance and genomics // Agron. J. – 2003. – V. 95. – P. 32–51.

22. Cooper R.L. Breeding semidwarf soybeans // Plant breeding reviews. – 1985. – V. 3. – P. 298–311.

23. Curtis D.F., Tanner J.W., Luzzi B.M., Hume D.J. Agronomic and phenological differences of soybean isolines differing in maturity and growth habit // Crop Sci. – 2000. – V. 40. – P. 1624–1629.

24. De Bruin J.L., Pedersen P. Growth, yield, and yield component changes among old and new soybean cultivars // Agron. J. – 2009. – V. 101. – P. 124–130.

25. Ismail A. M., Hall A. E. Semidwarf and standard-height cowpea responses to row spacing in different environments // Crop Sci. – 2000. – V. 40. – P. 1618–1623.

26. Kamara A.Y., Tefera H., Ewansiha S.U., Ajeigbe H.A., Okechukwu R., Boukar O., Omoigui L.O. Genetic gain in yield and agronomic characteristics of cowpea cultivars developed in the Sudan savannas of Nigeria over the past three decades // Crop Sci. – 2011. – V. 51. – P. 1877–1886.

27. Kumudini S., Hume D.J., Chu G. Genetic improvement in short season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration // Crop Sci. – 2001. – V. 41. – P. 391–398.

28. Kurosaki H., Yumoto S., Matsukawa I. Correlation of cold-weather tolerance with pubescence color and flowering time in yellow hilum soybeans in Hokkaido // Breeding Sci. – 2004. – V. 54. – P. 303–311.

29. Liu X., Jin J., Herbert S.J., Zhang Q., Wang G. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China // Field Crops Research. – 2005. – V. 93. – P. 85–93.

30. Morrison M.J., Voldeng H.D., Cober E.R. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada // Agron. J. – 1999. – V. 91. – P. 685–689.

31. Scott G., Egli D.B., Reicosky D.A. Physiological aspects of yield improvement in soybeans // Agron. J. – 1980. – V. 72. – P. 387–391.

32. Specht J.E., Hume D.J., Kumudini S.V. Soybean yield potential — a genetic and physiological perspective // Crop Sci. – 1999. – V. 39. – P. 1560–1570.

References

1. Baranov V.F., Makhonin V.L. Ekologicheskaya rol' sorta v agrotsenozakh soi // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2013. – Vyp. 2 (155–156). – S. 154–162.

2. Boroevich S. Printsipy i metody selektsii rasteniy. – M., 1984. – 344 s.

3. Dragavtsev V.A., Gerasimenko I.I. Ob effektivnosti identifikatsii genotipov po fenotipam pri vizual'nom otbore pshenitsy v F2 po priznaku «massa zerna s glavnogo kolosa» // Problemy otbora i otsenki selektsionnogo materiala. – Kiev: Naukova dumka, 1980. – S. 29–31.

4. D'yakov A.B. Printsipy optimizatsii arkhitektoniki posevov v usloviyakh defitsita vlagi i azota // *Agrarnaya Rossiya*. – 2002. – № 1. – S. 6–18.
5. D'yakov A.B., Vasil'eva T.A. Biometricheskie otsenki adaptivnosti sortov soi // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2007. – Vyp. 1 (136). – S. 31–41.
6. D'yakov A.B., Vasil'eva T.A. Vzaimosvyazi priznakov produktivnosti i adaptivnosti sortov soi pri raznykh tipakh pogody yuga Rossii // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2009. – Vyp. 1 (140). – S. 68–79.
7. D'yakov A.B., Derevenets V.N., Vasil'eva T.A., Frolov S.S. Iskazhenie konkurentsiesy selektsionnykh priznakov rasteniy podsolnechnika i fonovye priznaki dlya korrektsii otsenok produktivnosti // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2006. – Vyp. 2 (135). – S. 3–14.
8. D'yakov A.B., Trunova M.V., Vasil'eva T.A. Otsenka potentsialov urozhaynosti i zasukhoustoychivosti sortov soi // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2009. – Vyp. 2 (141). – S. 78–86.
9. Kochegura A.V. Seleksiya sortov soi raznykh napravleniy ispol'zovaniya: avtoref. ... dis. d-ra s.-kh. nauk. – Krasnodar, 1998. – 47 s.
10. Kocherina N.V. Algoritmy ekologo-geneticheskogo uluchsheniya produktivnosti rasteniy: dis. ... kand. biol. nauk. – SPb., 2009. – 130 s.
11. Leshchenko A.K., Sichkar' V.I., Mikhaylov V.G., Mar'yushkin V.F. Soya. – Kiev: Naukova dumka, 1987. – 256 s.
12. Litun P.P. Priemy umen'sheniya fenotipicheskoy izmenchivosti i ee komponentov na raznykh etapakh otbora v selektsii // *Genetika kolichestvennykh priznakov sel'skokhozyaystvennykh rasteniy*. – M.: Nauka, 1978. – S. 93–100.
13. Lukomets V.M., Piven' V.T., Kochegura A.V., Dryakhlov A.I., Bushneva N.A. Bolezni, vrediteli i sornyaki na posevakh soi v Krasnodarskom krae i mery bor'by s nimi // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2007. – Vyp. 1 (136). – S. 66–75.
14. Rozentsveyg V.E. Iskhodnyy material i selektsionno-geneticheskoe obosnovanie modeli sorta soi dlya usloviy Belarusi: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Minsk, 2007. – 20 s.
15. Rozentsveyg V.E., Goloenko D.V., Davydenko O.G. Reaktsiya genotipov s razlichnoy strukturoy produktivnosti na izmeneniya usloviy i differentsiruyushchaya sposobnost' srede // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2009. – Vyp. 1 (140). – S. 79–83.
16. Rozentsveyg V.E., Goloenko D.V., Davydenko O.G. Vetvlenie kak faktor stabilizatsii urozhaev soi v proizvodstve // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2010. – Vyp. 2 (144–145). – S. 81–83.
17. Rozentsveyg V.E., Goloenko D.V., Davydenko O.G. Vozmozhnost' selektsii rannespelelykh sortov soi dlya ponizhennoy plotnosti stebel'stoya // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2011. – Vyp. 1 (146–147). – S. 40–43.
18. Seleksiya sortov soi severnogo ekotipa / Pod red. A.P. Ustyuzhanina, V.E. Shevchenko [i dr.]. – Voronezh–Belgorod, 2007. – 225 s.
19. Chekalin N.M. Osnovnye napravleniya selektsii zernobobovykh kul'tur // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. – 1979. – T. 14. – № 6. – S. 695–703.
20. Ball R.A., Purcell L.C., Vories E.D. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime // *Crop Sci.* – 2000. – V. 40. – P. 1070–1078.
21. Boote K.J., Jones J.W., Batchelor W.D., Nafziger E.D., Myers O. Genetic coefficients in the CROPGRO-soybean model. Links to field performance and genomics // *Agron. J.* – 2003. – V. 95. – P. 32–51.
22. Cooper R.L. Breeding semidwarf soybeans // *Plant breeding reviews*. – 1985. – V. 3. – P. 298–311.
23. Curtis D.F., Tanner J.W., Luzzi B.M., Hume D.J. Agronomic and phenological differences of soybean isolines differing in maturity and growth habit // *Crop Sci.* – 2000. – V. 40. – P. 1624–1629.
24. De Bruin J.L., Pedersen P. Growth, yield, and yield component changes among old and new soybean cultivars // *Agron. J.* – 2009. – V. 101. – P. 124–130.
25. Ismail A. M., Hall A. E. Semidwarf and standard-height cowpea responses to row spacing in different environments // *Crop Sci.* – 2000. – V. 40. – P. 1618–1623.
26. Kamara A.Y., Tefera H., Ewansiha S.U., Ajeigbe H.A., Okechukwu R., Boukar O., Omoigui L.O. Genetic gain in yield and agronomic characteristics of cowpea cultivars developed in the Sudan savannas of Nigeria over the past three decades // *Crop Sci.* – 2011. – V. 51. – P. 1877–1886.
27. Kumudini S., Hume D.J., Chu G. Genetic improvement in short season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration // *Crop Sci.* – 2001. – V. 41. – P. 391–398.
28. Kurosaki H., Yumoto S., Matsukawa I. Correlation of cold-weather tolerance with pubescence color and flowering time in yellow hilum soybeans in Hokkaido // *Breeding Sci.* – 2004. – V. 54. – P. 303–311.
29. Liu X., Jin J., Herbert S.J., Zhang Q., Wang G. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China // *Field Crops Research*. – 2005. – V. 93. – P. 85–93.
30. Morrison M.J., Voldeng H.D., Cober E.R. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada // *Agron. J.* – 1999. – V. 91. – P. 685–689.
31. Scott G., Egli D.B., Reicosky D.A. Physiological aspects of yield improvement in soybeans // *Agron. J.* – 1980. – V. 72. – P. 387–391.
32. Specht J.E., Hume D.J., Kumudini S.V. Soybean yield potential — a genetic and physiological perspective // *Crop Sci.* – 1999. – V. 39. – P. 1560–1570.