

УДК 631.523.4:633.853.52

## ОТБОР В ГЕТЕРОГЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ СОИ: ВЫЯВЛЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННО ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ (СООБЩЕНИЕ 3)

**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: выявление селекционно ценных генотипов (сообщение 3) // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – Вып. 2 (166). – С. 26–33.

**Ключевые слова:** селекция сои, фоновые признаки, генотипическая конкуренция.

Выявление ценных генотипов в гибридных популяциях в рамках теории фоновых признаков предполагает элиминацию селекционно-бесполезных компонент фенотипической вариации посредством введения поправки на среду. Недостаток удовлетворительных фоновых признаков для отбора в популяциях сои 000–00 групп спелости вызывает потребность в разработке фоновых индексов. Новый индекс, основанный на отношении массы растения к длине стебля, характеризовался высокими коэффициентами экологической корреляции с продуктивностью (0,94–0,99) и элиминировал около 90 % варианты экологической конкуренции. Однако он занижал продуктивность слабых конкурентов, что приводило к искажению результатов отбора в засушливые годы. Поэтому нами предложена методика двойной коррекции продуктивности растений. На первом этапе вводится поправка на генотипическую конкурентоспособность по уравнению ее линейной регрессии на общее число узлов. На втором этапе применяется коррекция по фоновому индексу. Применение описанной методики к модельным

популяциям сои, имитирующим гибридные, привело к повышению частоты лучшего генотипа в отобранной субпопуляции с 18 до 55 % (среднее за 4 года). Эффективность отбора была устойчивой и не зависела от индекса среды, распределения осадков и конкурентоспособности генотипов, включавшихся в модельные популяции.

UDC 631.523.4:633.853.52

### Selection in heterogeneous soybean populations: 3. Identification of valuable genotypes.

**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, background traits (environmental markers), genotypic competition.

Identification of valuable genotypes in hybrid populations within the theory of environmental markers ('background traits') involves elimination of phenotypic variation components that are useless for breeder by means of introducing environmental adjustment. Lack of satisfactory environmental markers for selection in MG 000–00 of soybean populations requires designing of environmental indices. A new index based on ratio of plant biomass to stem length displayed high environmental correlation with plant seed yield (0.94–0.99) and eliminated about 90% of ecological competitive variance. However, it tended to underestimate seed yield of weak competitors thus distorting selection results in dry years. Therefore, a double-step adjustment procedure to estimate genetically useful individual plant seed yield is proposed. At the 1<sup>st</sup> stage, genotypic competitive ability is adjusted according to its linear regression on total node number. At the 2<sup>nd</sup> stage, adjustment by the proposed environmental index is introduced. The described procedure was applied to model soybean populations simulating hybrid populations. This allowed increasing the best genotype frequency in the selected subpopulation from 18 to 55% (4-year average). Selection efficacy was stable and did not depend on environmental index, rainfall distribution and competitive ability of the genotypes included into the model populations.

**Концепция фонового признака.** Теория экспресс-идентификации генотипов с помощью фоновых признаков разрабатывалась академиком В.А. Драгавцевым и другими авторами [1–3; 7; 9]. В противо-

положность маркерному признаку, коррелирующему с селективируемым параметром (например, с продуктивностью растения в данной среде) в силу сцепления или иных причин, фоновый признак дает селекционеру информацию не о генотипе растения, а об условиях экологической микроныши. Это, так сказать, *средовой, или экологический маркер*. Теоретически, фоновый признак чувствителен ко всем видам селекционно-бесполезной вариации (генотипической конкурентной  $\sigma_{gcom}^2$ , экологической конкурентной  $\sigma_{ecom}^2$ , паратипической  $\sigma_{еп}^2$ ) и поэтому может применяться даже при индивидуальном отборе. К фоновому признаку предъявляются два основных требования [1–3]:

1. Максимальная экологическая корреляция с селективируемым параметром:  $r_{e(y-x)} \rightarrow 1$ ;
2. Минимальная собственная генотипическая дисперсия:  $\sigma_{gx}^2 \rightarrow 0$ .

При наличии в популяции удовлетворительного фонового признака производится коррекция селекционного признака (например, продуктивности) элитных растений:

$$y'_i = y_i - b_e \cdot (x_i - \bar{x}), \quad (1)$$

где  $y'$  – скорректированная продуктивность;

$y$  – фактическое значение продуктивности;

$b_e$  – коэффициент экологической регрессии селекционного признака на фоновый;

$x_i$  и  $\bar{x}$  – значения фонового признака у данного растения и среднее в популяции.

При частичном несоответствии первому условию остаточная (неэлиминированная) экологическая дисперсия селекционного признака возрастает пропорционально разности  $1 - R^2$ . При наличии же в популяции генетической изменчивости по фоновому признаку результаты коррекции искажаются, и «сито отбора» захватывает ненужных селекционеру особей с генотипически низким

значением фонового признака, которое при коррекции интерпретируется как показатель неблагоприятных условий среды [1].

**Параметры-кандидаты.** В качестве фоновых признаков различными авторами предлагались как элементы структуры продуктивности, в частности, число семян с растения, так и другие показатели [4; 10; 11]. По нашим данным (табл. 1), из всех элементов продуктивности число семян с растения характеризуется наибольшей экологической корреляцией с селекционным признаком. Однако из-за наличия значительной генотипической вариации коррекция необъективна: завышается урожайность крупносемянных (и, как следствие, формирующих небольшое число семян на растении) генотипов.

Таблица 1

**Параметры-кандидаты для использования в качестве фоновых признаков при отборе на продуктивность в условиях Беларуси (данные «Соя-Север»)**

Параметр	$r_e$	$CV_g, \%$
Число семян / раст.	0,85...0,91	19
Масса 1000 семян	0,69	16
Число узлов гл. побега (nn)	0,57...0,88	12
Уборочный индекс (УИ)	0,36...0,80	9...15
Масса растения (wp)	0,89...0,97	14
Масса соломы (ws)	0,73...0,96	14
Диаметр стебля	0,68...0,88	11
Длина междоузлия	-0,31...-0,65	10
$wp/\sqrt{sl}^1$	0,94...0,99	10

Примечание: <sup>1</sup> sl – длина главного побега (высота растения)

Уборочный индекс (УИ) обычно имеет низкую генотипическую вариацию, но его экологическая корреляция с продуктивностью нестабильна. Иногда она достигает 0,8, чаще находится на уровне 0,5–0,6, а в отдельных опытах статистически не отличалась от нуля (дробные учеты 2009–2012 гг.). При этом высокие значения  $r_e$  (0,8;  $R^2 = 0,64$ ; близкая величина  $R^2 = 0,59$  приводится А.А. Ткачевой [14]) наблюдались на фоне дефицита влаги. Иными словами, УИ чувствителен к засухе, на что указывают также А.Б. Дьяков и Т.А. Васильева [5]. Тем не менее УИ вряд ли может быть рекомендован в качестве фоно-

вого признака даже для этих условий, так как при этом выявляется его собственная генотипическая вариация [8]. По нашим данным, на фоне засухи  $CV_g$  УИ возрастал с 9 до 15 %, а элиминация  $\sigma_{en}^2$  (вариации, обусловленной пестротой почвенного плодородия) с помощью УИ была недостаточно эффективной: после коррекции около 30 % делянок дробного учета имели отклонение урожайности  $|\Delta Y_i| > 10$  %.

Масса соломы (со створками бобов) использовалась как фоновый признак для сои в работе А.А. Ткачевой [14]. Герасименко [1] указывает, что в силу отрицательной генотипической корреляции массы соломы и продуктивности, обусловленной системой аттракции, разрешающая способность метода должна улучшаться. Лукомец и др. [12] показали хорошую дискриминационную способность коррекции по массе соломы в сочетании с разреженным ценозом в условиях Краснодара. Возможно, это объясняется тем, что при более высоком уровне селекционной проработки культуры в I группе спелости (в отличие от 00–000 групп) общая сухая биомасса (ОБМ) приближается к биологическому пределу. Вариация ОБМ в этом случае имеет экологическую природу, что соответствует требованию к фоновому признаку. Прогресс же селекции достигается за счет УИ, характеризующего в южной России засухоустойчивость во второй половине вегетации и являющегося надежным критерием ( $R^2 = 0,95$ ) для отбора адаптивных генотипов [8]. Высокое генотипическое разнообразие по ОБМ в 00–000 группах, а также нестабильная экологическая корреляция массы соломы с селективируемым признаком (см. табл. 1) затрудняют использование этих параметров для характеристики микробиоты. При коррекции по массе соломы завышается продуктивность короткостебельных форм, поскольку их генетически низкая биомасса интерпретируется как результат неблагоприятных условий. Для зерновых злаков

это приемлемо, так как параллельно возрастает устойчивость материала к полеганию, но у сои может привести к существенной потере потенциала урожайности.

**Обоснование нового фонового индекса.** Таким образом, недостаток удовлетворительных фоновых признаков вызывает потребность в конструировании искусственных фоновых индексов. Теоретические посылки для создания такого индекса можно сформулировать следующим образом. Пусть параметр  $A$  имеет как генотипическую ( $\sigma_g^2$ ), так и средовую ( $\sigma_e^2$ ) дисперсии, а у параметра  $B$  преобладает генотипическая дисперсия, а средовая компонента вариации невелика. Тогда индекс вида  $A/B$  будет чувствителен к среде и слабо зависим от генотипа, т.е. может потенциально рассматриваться как фоновый. При этом  $B$  может как быть, так и не быть составляющим элементом  $A$ .

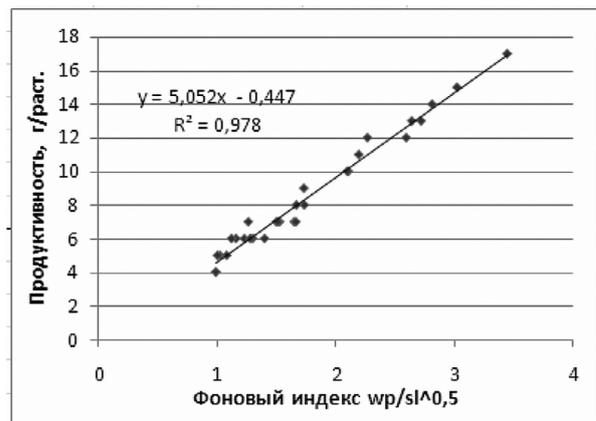


Рисунок 1 – Экологическая регрессия продуктивности на фоновый индекс  $wp/\sqrt{sl}$  (сорт Оресса, 2011 г.)

В качестве числителя дроби рассматривались масса растения или масса соломы, которые существенно зависят как от генотипа, так и от условий произрастания. В качестве знаменателя – признаки, в значительной мере детерминированные генотипом: число узлов главного побега или высота растения ( $H^2 = 0,7–0,9$  для КСИ,  $0,5–0,6$  для индивидуальных растений в гетерогенной популяции). Но наиболее пригодным в качестве фонового

оказался индекс  $wр/\sqrt{sl}$  (см. табл. 1). Коэффициенты его экологической корреляции с селекционным признаком составляли 0,94–0,99 (рис. 1).

Высокую чувствительность индекса  $wр/\sqrt{sl}$  можно объяснить следующим образом. При увеличении благоприятности среды (и, соответственно, массы семян с растения) число узлов главного побега возрастает линейно во всем диапазоне. В то же время длина стебля уменьшается как у угнетенных, так и у захвативших большую площадь питания растений (рис. 2). Краевые растения имеют меньшую длину стебля (и более высокий УИ) благодаря снижению конкуренции за свет. Поэтому индекс  $wр/\sqrt{sl}$  демонстрировал максимальную чувствительность к среде, что выражалось самыми высокими значениями  $r_e$ . То, что наилучший результат был получен при использовании степенной функции, вероятно, объясняется тем, что зависимость высоты растения от его продуктивности моделируется квадратным уравнением регрессии.

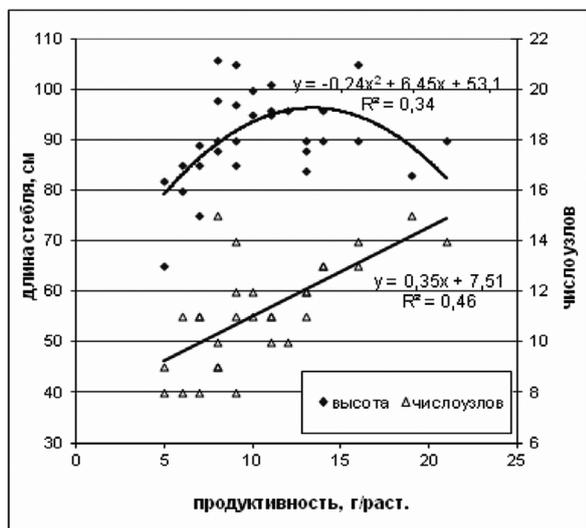


Рисунок 2 – Экологическая регрессия высоты растения и числа узлов главного побега на продуктивность растения (сорт Major, 2011 г.)

Структура предложенного индекса напоминает известные в селекции индекс интенсивности (отношение массы стебля к высоте растения), «мексиканский ин-

декс» (отношение массы зерна с колоса к высоте растения) [9] и индекс линейной плотности стебля [13], однако биологический смысл в данном случае принципиально различен. Перечисленные индексы применяются как маркерные признаки при селекции на отзывчивость к высокому агрофону, сопряженную с устойчивостью к полеганию. В противоположность этому, индекс  $wр/\sqrt{sl}$  предлагается в качестве фонового признака для элиминации селекционно-бесполезных компонент фенотипической дисперсии продуктивности растений сои.

**Отбор в модельных популяциях по фоновому индексу.** Возможность отбора по фоновому индексу изучалась на модельных гетерогенных популяциях, представляющих собой смеси сортов, различающихся по апробационным признакам и выращивавшихся при плотном (40 раст./м<sup>2</sup>) и разреженном (20 раст./м<sup>2</sup>) стеблестое. Урожайность сортов, включенных в модельные популяции, параллельно оценивалась в 3-рядковых делянках в 5–6 повторностях. Подробно эти популяции и принцип их комплектования описаны в 1-й части настоящего цикла публикаций.

Таблица 2

**Сравнительная эффективность различных способов отбора в модельной популяции 2011 г.**

Сорт	Урожайность, % <sup>1</sup>	Средняя продуктивность в смеси (y), г/раст.		Частоты генотипов (%) при отборе по параметрам				
		40 р./м <sup>2</sup>	20 р./м <sup>2</sup>	40 раст./м <sup>2</sup>		20 раст./м <sup>2</sup>		
				y	$wр/\sqrt{sl}$	ws	y	$wр/\sqrt{sl}$
Оресса	100	8,4	16,2	32	67	53	50	76
При- пять	92	8,6	10,9	19	12	0	14	8
Major	82	10,5	15,5	49	21	30	36	16
Соер 5	74	5,1	8,3	0	0	17	0	0

Примечание: <sup>1</sup> В 3-рядковых делянках в 6 повторностях. 100 % = 2,4 т/га; НСР<sub>05</sub> = 17 %  
 y – продуктивность (масса семян с растения);  
 wр – масса растения (общая надземная биомасса);  
 ws – масса соломы; sl – длина главного стебля

Результаты отбора за 2011 г. представлены в таблице 2. Отметим, что в исходной модельной популяции генотипы были

представлены в равных пропорциях (по 25 %). Пороговое значение для отбора принималось равным центральной средней  $u + CV_e$ , при этом жесткость отбора составляла около 20 %. Значения  $CV_e$  для скорректированной продуктивности  $y'$  снизились до 9–15 %, по сравнению с исходными 38–55 % для фактической.

В гетерогенной популяции наблюдалась смена рангов генотипов за счет различий по конкурентоспособности. Поэтому результаты прямого отбора на продуктивность были существенно искажены, хотя в разреженном ценозе преимущество все же получил лучший по урожайности сорт Оресса. Коррекция по фоновому индексу  $w\rho/\sqrt{sI}$  при стеблестое 40 раст./м<sup>2</sup> привела к обогащению материала лучшим генотипом и элиминации неоправданно отобранного сильного конкурента. Но лучший результат был получен при использовании фонового индекса в сочетании с разреженным стеблестоем (рис. 3): отобранная субпопуляция на 76 % состояла из лучшего генотипа.

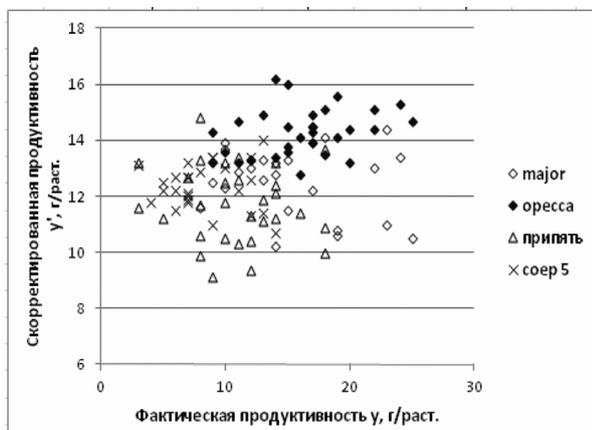


Рисунок 3 – Результаты коррекции продуктивности по фоновому индексу  $w\rho/\sqrt{sI}$  в гетерогенной популяции сои при плотности стеблестоя 20 раст./м<sup>2</sup> (2011 г.)

Коррекция по массе соломы была менее эффективной как по доле лучшего генотипа, так и по значительной примеси самого низкопродуктивного (короткостебельного) сорта. Вторая из этих ошибок

закономерна, поскольку, как показано выше, коррекция по массе соломы завышает продуктивность растений с низкой ОБМ. Если бы прогресс селекции на урожайность происходил только за счет повышения УИ при постоянстве значений ОБМ, то по массе соломы можно было бы судить об использованной растением площади питания и корректировать оценки продуктивности [6; 7], проводя отбор генотипов выше линии регрессии массы семян на массу соломы. Однако зарегистрированная нами (см. табл. 1) и описанная в литературе [15–19] генотипическая дисперсия ОБМ и массы соломы сои снижает ценность данного параметра как фонового признака.

В последующие годы коррекция продуктивности по фоновому индексу  $w\rho/\sqrt{sI}$  оказалась неэффективной (результаты приведены ниже). Анализ накопленных данных показал, что причина этого заключается в собственной генотипической вариации индекса. Так, при одинаковой массе растения этот индекс принимает более высокое значение для короткостебельного растения, что при коррекции по уравнению регрессии интерпретируется как более благоприятная микрониза. Таким образом, индекс  $w\rho/\sqrt{sI}$  имеет тенденцию к занижению продуктивности слабых конкурентов. В благоприятном 2011 г. это не повлияло на результативность отбора, поскольку в таких условиях отбор на повышение индивидуальной конкурентоспособности у сои эффективен. В благоприятных средах основной вклад в урожайность вносят число узлов и способность к ветвлению, которые в то же время являются главными параметрами конкурентоспособности.

Однако последующие годы характеризовались дефицитом увлажнения (2012, 2015) или неравномерным распределением осадков в репродуктивный период (2014). Поэтому отбор по фоновому индексу  $w\rho/\sqrt{sI}$  приводил к отбору сильных конкурентов с недостаточно стабильной урожайностью. Таким образом, успешное

применение индекса  $w_p/\sqrt{s_l}$ , видимо, ограничено интенсивным направлением селекции сои.

**Обоснование методики двойной коррекции.** Во 2-й части настоящего цикла публикаций было показано, что генотипическая конкурентоспособность растений сои практически целиком определяется общим числом узлов ( $R^2 = 0,83$ ; рис. 4). Это позволяет ввести поправку на конкурентоспособность ( $Com$ ) по уравнению регрессии:

$$Com = 0,044 nt_{20} + 0,164 \quad (2)$$

где  $nt_{20}$  – общее число узлов растения при плотности стеблестоя 20 раст./м<sup>2</sup>.

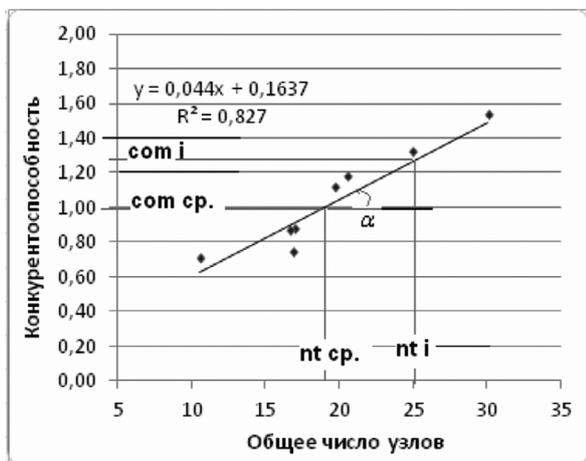


Рисунок 4 – Регрессия конкурентоспособности на общее число узлов у сои в модельных гетерогенных популяциях с плотностью 20 раст./м<sup>2</sup>

Из уравнения регрессии  $b_g = tg \alpha$ ,

$$\alpha = \frac{Com_i - \overline{Com}}{nt_i - \overline{nt}}$$

Отсюда  $Com_i - \overline{Com} = b_g (nt_i - \overline{nt})$ .

По определению,  $Com = \frac{\bar{y}_{hp}}{Y}$ , (3)

где  $\bar{y}_{hp}$  – средняя продуктивность растений данного генотипа в гетерогенной популяции;

$Y$  – его урожайность в чистой линии, оцененная в многорядковых делянках с повторениями.

Тогда  $\frac{y_{hp-i}}{Y_i} = b_g (nt_i - \overline{nt}) + \frac{\bar{y}_{hp}}{Y}$ . (4)

Примем  $\bar{Y}$  (среднюю урожайность деляночного опыта) за 100 %. Средняя продуктивность всех генотипов в гетерогенных популяциях  $\bar{y}_{hp}$  за пять лет была равна 100,1 % (эффект сверхкомпенсации отсутствовал). Тогда свободный член уравнения

$$(4) \quad \frac{\bar{y}_{hp}}{\bar{Y}} = 1,0; \frac{y_{hp-i}}{Y_i} = b_g (nt_i - \overline{nt}) + 1.$$

Отсюда скорректированная на генотипическую конкуренцию продуктивность:

$$y' = Y_i = \frac{y_{hp-i}}{b_g (nt_i - \overline{nt}) + 1}. \quad (5)$$

**Отбор в модельных популяциях с помощью двойной коррекции.** Поскольку удовлетворительные фоновые признаки выявлены не были, а фоновый индекс  $w_p/\sqrt{s_l}$  успешно элиминировал  $\sigma_{ecom}^2$ , но недостаточно эффективно устранял  $\sigma_{gcom}^2$ , что в годы с дефицитом осадков привело к искажению результатов в пользу агрессивных морфотипов, мы предлагаем *двухэтапную коррекцию* индивидуальной продуктивности растений.

На первом этапе вводится поправка на генотипическую конкурентоспособность по формуле (5). При этом  $CV_e$  снижались с 40–60 % до 23–30 % за счет элиминации  $\sigma_{gcom}^2$ .

К скорректированной таким образом индивидуальной продуктивности применяется фоновый индекс, и проводится коррекция  $\sigma_{ecom}^2$  по уравнению регрессии  $y'$  (скорректированной на первом этапе) на индекс  $w_p/\sqrt{s_l}$ . На втором этапе  $CV_e$  снизились до 10–25 %, что несколько хуже по сравнению с применением фонового индекса к фактической продуктивности (9–15 %).

Результаты двухэтапной коррекции представлены в таблице 3. Пороговое значение для отбора принималось равным центральной средней  $u + CV_e$ , при этом жесткость отбора составляла 15–20 %.

Будучи применена к 4-летним исходным данным, методика двойной коррекции показала устойчивую результативность во все годы экспериментов, как в благоприятные, так и в засушливые или с неравномерным распределением осадков.

Таблица 3

**Частота лучшего генотипа в модельных популяциях сои (%) при различных методах отбора**

Год	Индекс среды, т/га	Исходная доля лучшего генотипа	Прямой отбор по продуктивности		Коррекция по фоновому признаку		Двойная коррекция
			у 40 р./м <sup>2</sup>	у 20 р./м <sup>2</sup>	ws 40 р./м <sup>2</sup>	wp/√s 20 р./м <sup>2</sup>	
2011	2,4	25	32	50	53	76	59
2012	1,7	14	4	5	0	0	61
2014	3,1	14	26	0	11	0	40
2015	1,9	20	24	38	21	0	61
<b>Среднее</b>	<b>2,3</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>55</b>

*Примечание:* у – продуктивность (масса семян с растения), ws – масса соломы, wp – масса растения (общая надземная биомасса), sl – длина главного стебля, nt – общее число узлов

Она эффективно выявляла лучший генотип в модельных популяциях, включавших от четырех до семи сортов, независимо от его конкурентоспособности: в 2011 г. – Орессу ( $Com > 1$ ), в 2012–2015 гг. – Припять ( $Com < 1$ ), а также конкурентоспособности и морфотипы сопутствующих генотипов. Частота лучшего генотипа в популяции после цикла отбора возрастала в среднем с 18 до 55 %.

**Выводы.** 1. Разработан новый фоновый индекс для отбора в гетерогенных популяциях сои. Он эффективно элиминирует вариансу экологической конкуренции, но в засушливые годы результаты отбора искажаются в пользу агрессивных морфотипов.

2. Предложена методика двухэтапной коррекции продуктивности растений сои при индивидуальном отборе: 1) вводится поправка на генотипическую конкурентоспособность по уравнению ее линейной регрессии на общее число узлов; 2) применяется коррекция по фоновому индексу.

3. Применение этой методики к модельным популяциям повысило частоту лучшего генотипа с 18 до 55 % (среднее за четыре года). Эффективность отбора была устойчивой и не зависела от условий года и конкурентоспособности включенных в популяции генотипов.

## Список литературы

1. Герасименко В.Ф. Теория экспрессивной оценки лучших генотипов в популяции растений // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1978. – С. 62–73.

2. Драгавцев В.А. Экспериментальное сопоставление трех принципов оценки генотипической изменчивости количественных признаков в растительных популяциях // Генетика. – 1972. – Т. 8. – № 5. – С. 28–34.

3. Драгавцев В.А. Новые принципы отбора генотипов по количественным признакам в селекции растений // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1978. – С. 5–9.

4. Драгавцев В.А., Дьяков А.Б. Теория селекционной идентификации генотипов растений по фенотипам на ранних этапах селекции // Фенетика популяций. – М.: Наука, 1982. – С. 30–37.

5. 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.

6. 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.

7. Дьяков А.Б., Драгавцев В.А., Бехтер А.Г. Конкурентоспособность растений в связи с селекцией. II. Новый принцип анализа дисперсии продуктивности // Теория отбора в популяциях растений. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 237–251.

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. Кочерина Н.В. Алгоритмы экологогенетического улучшения продуктивности растений: дис. канд. биол. наук. – СПб, 2009. – 130 с.

10. Литун П.П., Манзюк В.Т., Барсуков П.Н. Методы идентификации генотипов по продуктивности растений на ранних этапах селекции // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 15–28.

11. Лукомец В.М., Кочегура А.В., Дьяков А.Б., Ткачева А.А. Новые фоновые признаки для идентификации высокоурожайных генотипов сои на ранних этапах селекции // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2012. – Вып. 2 (151–152). – С. 39–43.

12. Лукомец В.М., Кочегура А.В., Ткачева А.А. Эффективность отбора в популяциях сои при использовании разных критериев и схем размещения растений // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2012. – Вып. 2 (151–152). – С. 44–48.

13. Образцов А.С., Амелин А.В. К вопросу об идеатипе растений гороха в связи с их устойчивостью к полеганию на юге нечерноземной зоны

РСФСР // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 1. – С. 83–89.

14. Качева А.А. Сравнение эффективности критериев отбора на повышение продуктивности сои на разных этапах селекционного процесса // Инновационные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур // Мат-лы VI междунар. конф. молодых ученых и специалистов. – Краснодар, 2011. – С. 311–315.

15. 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.

16. Jin J., Liu X., Wang G., Mi L., Shen Zh., Chen X., Herbert S.J. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China // *Field Crops Research.* – 2010. – V. 115. – P. 116–123.

17. 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.

18. 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.

19. 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. Gerasimenko V.F. Teoriya ekspressnoy otsenki luchshikh genotipov v populyatsii rasteniy // *Genetika kolichestvennykh priznakov sel'skokhozyaystvennykh rasteniy.* – M.: Nauka, 1978. – S. 62–73.

2. Dragavtsev V.A. Eksperimental'noe sopostavlenie trekh printsipov otsenki genotipicheskoy izmenchivosti kolichestvennykh priznakov v rastitel'nykh populyatsiyakh // *Genetika.* – 1972. – T. 8. – № 5. – S. 28–34.

3. Dragavtsev V.A. Novye printsipy otbora genotipov po kolichestvennym priznakam v seleksii rasteniy // *Genetika kolichestvennykh priznakov sel'skokhozyaystvennykh rasteniy.* – M.: Nauka, 1978. – S. 5–9.

4. Dragavtsev V.A., D'yakov A.B. Teoriya selektsionnoy identifikatsii genotipov rasteniy po fenotipam na rannikh etapakh seleksii // *Fenetika populyatsiy.* – M.: Nauka, 1982. – S. 30–37.

5. 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.

6. D'yakov A.B., Derevenets V.N., Vasil'eva T.A., Frolov S.S. Iskazhenie konkurentsiey 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.

7. D'yakov A.B., Dragavtsev V.A., Bekhter A.G. Konkurentosposobnost' rasteniy v svyazi s selektsiey. II. Novyy printsip analiza dispersii produktivnosti // *Teoriya otbora v populyatsiyakh rasteniy.* – Novosibirsk: Nauka, 1976. – S. 237–251.

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. Kocherina N.V. Algoritmy ekologo-geneticheskogo uluchsheniya produktivnosti rasteniy: dis. kand. biol. nauk. – SPb, 2009. – 130 s.

10. Litun P.P., Manzyuk V.T., Barsukov P.N. Metody identifikatsii genotipov po produktivnosti rasteniy na rannikh etapakh seleksii // *Problemy otbora i otsenki selektsionnogo materiala.* – Kiev: Naukova dumka, 1980. – S. 15–28.

11. Lukomets V.M., Kochegura A.V., D'yakov A.B., Tkacheva A.A. Novye fonovye priznaki dlya identifikatsii vysokourozhaynykh genotipov soi na rannikh etapakh seleksii // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK.* – 2012. – Vyp. 2 (151–152). – S. 39–43.

12. Lukomets V.M., Kochegura A.V., Tkacheva A.A. Effektivnost' otbora v populyatsiyakh soi pri ispol'zovanii raznykh kriteriev i skhem razmeshcheniya rasteniy // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK.* – 2012. – Vyp. 2 (151–152). – S. 44–48.

13. Obratsov A.S., Amelin A.V. K voprosu ob ideatipe rasteniy gorokha v svyazi s ikh ustoychivost'yu k poleganiyu na yuge nechernozemnoy zony RSFSR // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya.* – 1990. – № 1. – S. 83–89.

14. Tkacheva A.A. Sravnenie effektivnosti kriteriev otbora na povyshenie produktivnosti soi na raznykh etapakh selektsionnogo protsessa // *Innovatsionnye napravleniya issledovaniy v seleksii i tekhnologii vozdelvaniya maslichnykh kul'tur* // Мат-лы VI междунар. конф. молодых ученых и специалистов. – Краснодар, 2011. – С. 311–315.

15. 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.

16. Jin J., Liu X., Wang G., Mi L., Shen Zh., Chen X., Herbert S.J. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China // *Field Crops Research.* – 2010. – V. 115. – P. 116–123.

17. 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. – R. 391–398.

18. 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.

19. 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.