

E.V. Mains, H.S. Jackson // *Phytopathology*. – 1926. – V. 16. – No 1. – P. 822-833.

5. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник / А.А. Халафян. – 3-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.

6. Многомерный статистический анализ: практикум / Л.А. Сошникова, В.Н. Тама-

шевич, Л.А. Махнач. – Минск: БГЭУ, 2004. – 162 с.

7. Головоченко А.П. Особенности адаптивной селекции яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне среднего Поволжья: монография / А.П. Головоченко. – Кинель, 2001. – 380 с.



УДК 633.853.52:631.527

О.И. Хасбиуллина

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ГИБРИДОВ СОИ В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

**Ключевые слова:** соя, селекционно-генетические показатели, корреляционные связи, трансгрессия, наследуемость, гибридные комбинации, эколого-географические группы.

### Введение

Для повышения эффективности селекционного процесса немаловажное значение имеет знание корреляционных отношений между отдельными признаками или селекционно-генетическими показателями, когда каждому значению из них соответствует определенное значение другого [1]. Для оценки их тесноты и направления связи используется коэффициент корреляции ( $r$ ), который будет положительным, если с ростом значения одного признака увеличивается значение другого, или отрицательным, если с увеличением величины первого признака второй будет убывать. Коэффициенты корреляции могут изменяться от «+1» (прямая связь) через «0» (отсутствие связи) до «-1» (обратная связь) [2]. При этом считается, что при  $r < 0,3$  корреляционная зависимость между признаками слабая,  $r = 0,3-0,7$  – средняя,  $r > 0,7$  – сильная.

Определение корреляционных связей между признаками имеет большое значение для оценки гибридного потомства самоопыляющихся культур, особенно с длительным периодом расщепления гибридных форм, таких как соя. Также важно выявить связи между показателями в первом и последующих поколениях гибридов,

что сделало бы возможным определить их полезность для отбора в третьем-четвертом поколениях.

### Материал и методы

Исследования проводились в лаборатории селекции сои Приморского НИИСХ. В качестве объектов исследований были взяты гибридные растения первого и четвертого поколений, полученные в результате скрещиваний, где в качестве материнских форм были взяты районированные сорта сои, различающиеся по периоду вегетации: Приморская 13 – раннеспелый, Венера – среднеспелый, Приморская 69 – среднепозднеспелый. Отцовскими формами явились наиболее высокопродуктивные сортообразцы из коллекционного питомника, которые, в свою очередь, были подразделены на три эколого-географические группы (ЭГГ) из соответствующих эколого-географических зон (ЭГЗ) – Европейской, Азиатской и Американской. В Европейской это сорта Alaric (Франция) и Бисер (Болгария), оба относятся к среднеспелой группе спелости; Азиатской – Цзилинь (Китай) – среднеспелый, Исудзу (Япония) – среднепозднеспелый; Американской – Wayne (США) – среднеспелый и Asgrow (США) – среднепозднеспелый.

Гибридные растения первого и последующих поколений выращивались в естественных условиях по блочной системе «родители-потомки», что обеспечивает высокую сравнимость результатов. Оценку

продуктивности и учеты по основным хозяйственно-ценным признакам проводили согласно методическим указаниям ВИР [3].

Растения гибридов и родительских форм в лабораторных условиях анализировали по девяти количественным признакам: масса семян с одного растения, число продуктивных узлов, число бобов и семян на одном растении, масса 1000 семян, высота растения, толщина стебля, высота прикрепления нижнего боба, число продуктивных ветвей.

На основании гибридологического и структурного анализов по каждой комбинации в  $F_1$  были определены степень фенотипического доминирования и гетерозис.

У гибридных растений в третьем и четвертом поколениях определяли степень и частоту положительных трансгрессий, изучаемых признаков, для чего использовали методику Г.С. Воскресенской и В.И. Шпота [4].

Кроме положительных трансгрессий определяли наследуемость ( $H^2$ ) признаков в широком смысле слова методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [1].

Рассчитаны прямолинейные корреляции между гетерозисом в первом поколении и рядом селекционно-генетических показателей в четвертом поколении по указанным 9 изучаемым признакам у гибридов различного эколого-географического происхождения (европейского, азиатского и американского).

### Результаты и обсуждение

В комбинациях с европейскими отцовскими формами по всем признакам между гетерозисом ( $G$ ) в  $F_1$  степенью и частотой трансгрессий ( $T_c$  и  $T_{ch}$ ) в  $F_4$  отмечены положительные корреляционные связи (табл. 1). При этом сильной корреляционной зависимости ( $r > 0,7$ ) не установлено. Средневысокая корреляция выявлена по

основному интегральному признаку продуктивности – массе семян с одного растения, где значения  $G-T_c$  и  $G-T_{ch}$  были равны – соответственно,  $r = 0,58 \pm 0,05$  и  $r = 0,53 \pm 0,04$ .

Положительные корреляции, хотя и с несколько меньшими значениями, установлены между гетерозисом и степенью трансгрессий по признакам число продуктивных узлов, число бобов и семян на растении, а также высоте растения и толщине стебля. По данным Ю.П. Мякушко и Н.И. Корсакова, эти признаки тесно коррелируют с продуктивностью растения [5, 6]. И только по одному признаку из девяти – масса 1000 семян получена обратная корреляция ( $r = -0,17 \pm 0,01$ ).

Как известно, в селекционном процессе большое значение придают показателю наследуемости. Наследование хозяйственно-полезных признаков в гибридных потомствах является целью работы каждого селекционера.

Поэтому представляется важным проследить характер связи гетерозиса в  $F_1$  с коэффициентом наследуемости в последующих поколениях. В наших исследованиях в комбинациях с европейскими отцовскими формами связь между этими показателями по основному признаку продуктивности – массе семян с одного растения составила  $r = 0,55 \pm 0,03$ , менее слабая – по числу продуктивных узлов, бобов и семян на растении, а также толщине стебля ( $r = 0,25-0,30$ ).

Нами также рассчитаны корреляционные связи между степенью и частотой трансгрессий ( $T_c-T_{ch}$ ). Самый высокий коэффициент корреляции получен по числу продуктивных узлов ( $r = 0,88 \pm 0,10$ ). Средняя зависимость установлена по числу бобов и семян на растении ( $r = 0,62-0,63$ ). Несколько слабее связь между степенью и частотой трансгрессии по массе семян с растения ( $r = 0,058 \pm 0,04$ ).

Таблица 1

Корреляционные связи между селекционно-генетическими показателями  $F_1$  и  $F_4$  в комбинациях с европейскими отцовскими формами

Признаки	$r \pm Sr$					
	$G-T_c$	$G-T_{ch}$	$G-H^2$	$T_c-T_{ch}$	$T_c-H^2$	$T_{ch}-H^2$
Масса семян с 1 растения	$0,58 \pm 0,05$	$0,53 \pm 0,04$	$0,55 \pm 0,03$	$0,58 \pm 0,04$	$0,40 \pm 0,03$	$0,47 \pm 0,02$
Число продуктивных узлов	$0,40 \pm 0,03$	$0,35 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,01$	$0,88 \pm 0,10$	$0,36 \pm 0,03$	$0,44 \pm 0,02$
Число бобов на 1 растении	$0,49 \pm 0,03$	$0,36 \pm 0,03$	$0,30 \pm 0,02$	$0,62 \pm 0,05$	$0,43 \pm 0,03$	$0,37 \pm 0,03$
Число семян на 1 растении	$0,36 \pm 0,04$	$0,35 \pm 0,05$	$0,25 \pm 0,01$	$0,63 \pm 0,04$	$0,37 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,01$
Масса 1000 семян	$-0,17 \pm 0,01$	$-0,20 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01$	$0,46 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,01$
Высота растения	$0,38 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,01$	$0,19 \pm 0,01$	$0,46 \pm 0,02$	$0,45 \pm 0,02$	$0,33 \pm 0,03$
Высота прикрепления нижнего боба	$0,14 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$	$0,46 \pm 0,03$	$0,20 \pm 0,01$	$-0,10 \pm 0,01$
Толщина стебля	$0,40 \pm 0,03$	$0,17 \pm 0,01$	$0,29 \pm 0,02$	$0,45 \pm 0,02$	$0,55 \pm 0,06$	$0,40 \pm 0,03$
Число продуктивных ветвей	$0,27 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,01$	$0,49 \pm 0,05$	$0,21 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,01$

Примечание.  $G$  – гетерозис;  $T_c$  – степень трансгрессии;  $T_{ch}$  – частота трансгрессии;  $H^2$  – коэффициент наследуемости.

Селекционеру также важно знать корреляционную зависимость наследуемости признака от степени и частоты трансгрессий. Чем выше эти коэффициенты, тем выше наследуемость трансгрессивности признака. В наших исследованиях эти коэффициенты при использовании европейских отцовских форм были в пределах средних значений, не превышая  $r = 0,55 \pm 0,06$ .

При рассмотрении корреляционных связей гетерозиса в гибридном потомстве  $F_1$  между названными селекционно-генетическими показателями в комбинациях с азиатскими отцовскими формами было установлено, что связи гетерозиса со степенью и частотой трансгрессии по большинству признаков были более плотные, чем в предыдущем варианте с использованием европейских отцовских форм (табл. 2), хотя они в основном также отнесены к числу средних, кроме связей Г-Тс по признаку масса семян с растения, где  $r = 0,77 \pm 0,06$ .

По остальным видам корреляционных отношений (Г-Н<sup>2</sup>, Тс-Тч, Тс-Н<sup>2</sup>, Тч-Н<sup>2</sup>) в варианте с азиатскими формами почти со

всеми признаками также выявлена аналогичная тенденция наличия более высоких коэффициентов парных корреляций, относящихся к средним и высоким значениям.

При изучении данного вопроса с участием в гибридизации отцовских форм американского происхождения наиболее плотная корреляционная зависимость трансгрессий в  $F_4$  от уровня гетерозиса в  $F_1$  получена по признаку масса семян с одного растения ( $r = 0,66-0,68$ ) (табл. 3). Аналогичные данные имеют место при включении в селекционный процесс сортов азиатского и европейского происхождения. Корреляционная зависимость степени и частоты трансгрессий от гетерозиса по остальным признакам по своим значениям близка к тем, которые отмечены при гибридизации с азиатскими и европейскими формами. К числу средних отнесены коэффициенты корреляций между гетерозисом и коэффициентом наследуемости по всем признакам, кроме высоты прикрепления нижнего боба, где эти показатели, как и в других вариантах, были в пределах низких значений.

Таблица 2

Корреляционные связи между селекционно-генетическими показателями  $F_1$  и  $F_4$  в комбинациях с азиатскими отцовскими формами

Признаки	$r \pm Sr$					
	Г-Тс	Г-Тч	Г-Н <sup>2</sup>	Тс-Тч	Тс-Н <sup>2</sup>	Тч-Н <sup>2</sup>
Масса семян с 1 растения	0,77±0,06	0,55±0,03	0,59±0,04	0,77±0,05	0,58±0,04	0,78±0,04
Число продуктивных узлов	0,39±0,02	0,43±0,01	0,74±0,03	0,83±0,06	0,48±0,02	0,32±0,01
Число бобов на 1 растении	0,44±0,02	0,83±0,05	0,39±0,03	0,63±0,05	0,40±0,02	0,36±0,02
Число семян на 1 растении	0,39±0,02	0,49±0,01	0,61±0,05	0,58±0,02	0,44±0,02	0,24±0,01
Масса 1000 семян	-0,57±0,01	-0,17±0,01	0,39±0,02	-0,40±0,02	-0,10±0,01	0,06±0,01
Высота растения	0,53±0,06	0,57±0,04	0,24±0,01	0,58±0,03	0,62±0,03	0,34±0,01
Высота прикрепления нижнего боба	0,30±0,02	0,44±0,02	-0,21±0,01	0,37±0,02	0,36±0,01	-0,10±0,01
Толщина стебля	0,22±0,01	0,13±0,01	0,31±0,02	0,31±0,02	0,50±0,02	0,62±0,04
Число продуктивных ветвей	0,57±0,03	0,30±0,02	0,21±0,01	0,22±0,01	0,18±0,01	0,09±0,01

Примечание. Г – гетерозис; Тс – степень трансгрессии; Тч – частота трансгрессии; Н<sup>2</sup> – коэффициент наследуемости.

Таблица 3

Корреляционные связи между селекционно-генетическими показателями  $F_1$  и  $F_4$  в комбинациях с американскими отцовскими формами

Признаки	$r \pm Sr$					
	Г-Тс	Г-Тч	Г-Н <sup>2</sup>	Тс-Тч	Тс-Н <sup>2</sup>	Тч-Н <sup>2</sup>
Масса семян с 1 растения	0,66±0,04	0,68±0,03	0,66±0,03	0,60±0,02	0,44±0,02	0,52±0,03
Число продуктивных узлов	0,38±0,02	0,25±0,01	0,61±0,04	0,71±0,06	0,39±0,02	0,51±0,03
Число бобов на 1 растении	0,49±0,04	0,49±0,03	0,39±0,02	0,76±0,05	0,28±0,01	0,41±0,02
Число семян на 1 растении	0,45±0,04	0,39±0,02	0,29±0,01	0,55±0,03	0,45±0,02	0,40±0,01
Масса 1000 семян	0,08±0,01	-0,10±0,01	0,32±0,02	0,19±0,01	0,22±0,01	0,30±0,01
Высота растения	0,33±0,01	0,31±0,01	0,30±0,01	0,52±0,02	0,23±0,01	0,13±0,01
Высота прикрепления нижнего боба	0,11±0,01	0,22±0,01	0,08±0,01	0,65±0,04	0,39±0,01	-0,50±0,02
Толщина стебля	0,49±0,04	0,33±0,01	0,32±0,02	0,52±0,04	0,57±0,03	0,28±0,01
Число продуктивных ветвей	0,28±0,01	0,22±0,01	0,32±0,01	0,51±0,03	0,18±0,01	0,16±0,01

Примечание. Г – гетерозис; Тс – степень трансгрессии; Тч – частота трансгрессии; Н<sup>2</sup> – коэффициент наследуемости.

Следует отметить, что в варианте с участием американских отцовских форм отмечена высокая корреляционная зависимость между степенью и частотой трансгрессий по большинству признаков, то есть чем выше степень трансгрессии, тем выше частота ее проявления. Исключение составил признак масса 1000 семян с очень слабой взаимозависимостью этих селекционно-генетических показателей. Кстати, и в других вариантах при использовании в гибридизации европейских и азиатских форм выявлены относительно высокие значения связей между степенью и частотой трансгрессий. Это явление при гибридизации сои отмечает в своих работах П.П. Фисенко [7]. В общем, корреляционные связи при скрещивании американских форм с местными районированными сортами несколько слабее, чем с азиатскими, но выше, чем с европейскими.

### Выводы

Анализ корреляционных связей между величиной гетерозиса в первом поколении гибридов, трансгрессиями и наследуемостью в четвертом поколении позволяет заключить, что в основном более плотная зависимость между этими селекционно-генетическими показателями существует при использовании в гибридизации азиатских отцовских форм, несколько ниже показатели коэффициента корреляции в вариантах с американскими отцовскими сортами и более низкие значения получены, когда в гибридизации участвуют европейские формы.

Наиболее высокая корреляционная зависимость между гетерозисом, трансгрессиями и коэффициентом наследуемости во всех комбинациях скрещивания отмечена по признаку масса семян с растения ( $r = 0,58-0,77$ ), то есть чем выше эффект гетерозиса по указанному признаку, тем больше степень трансгрессии и выше показатель наследуемости в  $F_4$ , следовательно, эффект отбора в гибридной популяции.

Знание корреляционных связей между отдельными признаками дает возможность селекционеру более целенаправ-

ленно на научной основе и с меньшими издержками вести селекционный процесс.

В данном случае исследованиями установлена целесообразность использования в гибридизации, прежде всего отцовских форм с азиатского континента, затем – американского.

Выявленные в процессе работы корреляционные связи позволили нам намного быстрее и эффективнее выявить перспективные гибридные комбинации в каждой из ЭГГ: Венера х Цзилинь, Венера х Исудзу, Венера х Уэйне, Приморская 69 х Исудзу, Приморская 69 х Уэйне, Приморская 13 х Цзилинь. Сорт Приморская 1326 (Венера х Цзилинь) испытывается в конкурсном сортоиспытании. Все они характеризуются наличием 3-4-семянных бобов, среднеспелостью; превосходят стандарты по продуктивности, сбору белка и масла.

### Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
2. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / Н.И. Корсаков и др. – ВАСХНИЛ, ВИР. – Л.: ВИР, 1975. – 60 с.
3. Соя: методические указания по селекции и семеноводству / Н.И. Корсаков, Ю.П. Мякушко. – Л.: ВИР, 1975. – 159 с.
4. Воскресенская Г.С. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления / Г.С. Воскресенская, В.И. Шпота // Доклады ВАСХНИЛ. – 1967. – № 7. – С. 18-20.
5. Мякушко Ю.П. Селекция и семеноводство сои на Северном Кавказе: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Ю.П. Мякушко. – Л., 1975. – 41 с.
6. Корсаков Н.И. Соя (систематика и основы селекции): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.И. Корсаков. – Л., 1973. – 46 с.
7. Фисенко П.П. Изучение принципов подбора родительских форм для гибридизации при селекции сои в Приморском крае: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / П.П. Фисенко. – Л., 1982. – 24 с.

