

УДК 635.342:631.527.33

**ПРОЯВЛЕНИЕ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ
РОДИТЕЛЬСКИХ ЛИНИЙ СРЕДНЕСПЕЛОЙ КОЧАННОЙ КАПУСТЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
В ГОД ВЫРАЩИВАНИЯ F_1 ГИБРИДОВ**

А. В. КРЮЧКОВ, Г. Ф. МОНАХОС

(Кафедра селекции и семеноводства овощных и плодовых культур)

Применяемая в нашей стране схема выведения четырехлинейных гибридов кочанной капусты на основе самонесовместимости, разработанная в ТСХА, предусматривает оценку общей и специфической комбинационной способности самонесовместимых инбредных линий и промежуточных гибридов на большинстве этапов селекционного процесса [2].

В опытах с кукурузой, подсолнечником и рядом других культур [1, 4, 7, 8] установлено, что проявление комбинационной способности подвержено влиянию внешней среды, при этом в зависимости от места и года испытания F_1 гибридов оценки специфической комбинационной способности изменяются сильнее, чем общей. При оценке комбинационной способности самонесовместимых линий скороспелой кочанной капусты выяснилось, что эффекты общей и специфической комбинационной способности, а также варианты специфической комбинационной способности варьировали в зависимости от весеннего и летнего сроков выращивания F_1 гибридов [3].

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о том, что нельзя получить объективную оценку родительских линий по комбинационной способности, не учитывая степень ее взаимодействия с условиями внешней среды. При оценке без такого учета возможна потеря ценных генотипов при выбраковке линий с недостаточно высокими показателями.

Целью нашей работы являлось изучение характера проявления генетических параметров общей и специфической комбинационной способности самонесовместимых инбредных линий среднеспелой кочанной капусты в зависимости от метеорологических условий года испытания F_1 гибридов.

Материал и методика

В работе при получении F_1 гибридов в качестве родительских линий¹ были использованы промежуточные гибриды, получаемые скрещиванием двух сестринских линий, изогенных по большинству хозяйственных признаков. По степени гомозиготности комплексов подгенов, ответственных за хозяйственные признаки, промежуточные гибриды аналогичны родительским линиям или даже превосходят их.

Испытываемые F_1 гибриды среднеспелой капусты получены в 1980 г. на Овощной опытной станции им. В. И. Эдельштейна скрещиванием промежуточных гибридов сорта Белорусская 455 с промежуточными гибридами сортов Слава 231 и Слава 1305 по схеме регулярных скрещиваний генетически разнокачественных наборов родительских форм. Полевое испытание F_1 гибридов проводили в учхозе «Отрадное» в течение двух лет (1981 и 1982).

Рассаду выращивали в УРП-10, посев в первой декаде мая, площадь питания 5×5 см. Высаживали рассаду в открытый грунт в начале июня. Схема посадки 70×50 см. Опыты были заложены в 3-кратной повторности методом рендомизированных повторений, по 10 растений на учетной делянке. В период вегетации провели две культивации междурядий и ручную прополку сорняков. Урожай собирали в период технической спелости кочанов.

Вегетационные периоды 1981 и 1982 гг. сильно различались по погодным условиям. В 1981 г. с мая по октябрь выпало 446 мм осадков, в 1982 г. — несколько меньше — 389 мм. Однако температура воздуха в первый год испытания была намного выше, чем во второй. Среднемесячная температура за период с мая по октябрь в 1981 г. составила 16,8, а в 1982 г. — 14,5°. Особенно неблагоприятными для роста капусты оказались июнь и июль 1981 г. В июне

¹ Чтобы не нарушать сложившейся традиции применения терминов, мы в данной работе называем их родительскими линиями.

1981 г. среднемесячная температура воздуха была выше, чем в 1982 г., на 6,1° (при максимуме 33,6°), а в июле — на 3,4° (при максимуме 34,9°). В целом вегетационный период 1981 г. можно охарактеризовать как крайне неблагоприятный для роста среднеспелой капусты, а 1982 г. — как благоприятный.

В качестве математической модели анализа зависимости общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС) от условий выращивания F_1 гибридов была использована следующая формула:

$$x_{ijkn} = u + g_i + g_j + s_{ij} + b_{nk} + d_k + (gd)_{ik} + (gd)_{jk} + (sd)_{ij} + \frac{1}{b} \sum_{l=1}^b e_{ijklnl}$$

где x_{ijkn} — среднее проявление признака у гибрида; u — средняя популяционная гибридов; g_i и g_j — эффекты ОКС i и j родительских линий; b_{nk} — эффект, обусловленный повторностями в годы испытания; s_{ij} — эффект СКС; d_k — эффект года выращивания гибридов; $(gd)_i$ и $(gd)_j$ — эффекты взаимодействия ОКС i и j родительских линий с условиями года; $(sd)_{ij}$ — эффект взаимодействия СКС с условиями года; $\frac{1}{b} \sum_{l=1}^b e_{ijklnl}$ — ошибка,

определяемая случайными отклонениями признака.

Линии сортов Слава 231 и Слава 1305, используемые в качестве материнских компонентов скрещивания, обозначены как i -е родительские линии, а сорта Белорусская 445 — j -е.

Эффекты и варианты ОКС и СКС родительских линий были рассчитаны по алгоритмам для схем скрещивания генетически разнокачественных наборов родительских линий [6], экспериментальный метод 1. Определение вариантов взаимодействия ОКС и СКС с погодными условиями года выращивания выполнено по методу [8].

Результаты

Прежде чем проводить анализ изменчивости показателей ОКС и СКС в зависимости от условий выращивания F_1 гибридов, необходимо выяснить наличие достоверных различий между вариантами опыта и значимость взаимодействия «гибрид × год». Представленные в табл. 1 данные дисперсионного анализа, рассчитанные по алгоритмам для двухфакторного неравномерного комплекса [5], показали высокую достоверность различий по вариантам, что позволяет разделить вариацию вариантов на варианты, обусловленные различиями генотипов, погодными условиями и их взаимодействием. Так как большинство гибридов было испытано в 3-кратной повторности, а некоторые — в 2-кратной, в дальнейших расчетах для приведения данных к сравнимому виду были взяты средние показатели по каждому гибриду.

Таблица 1

**Дисперсионный анализ данных двухлетнего испытания F_1 гибридов
по признаку средняя масса кочана**

Источники варьирования	С	ν	М	F_{05} факт.	F_{05} табл.
Общее	70,33	164			
Повторности	0,41	2			
Варианты	56,76	59	0,962	7,52	1,48
Случайные факторы	13,16	103	0,126		

Примечание. Здесь и в табл. 2 и 3 С — сумма квадратов, ν — число степеней свободы, М — средний квадрат.

Таблица 2

**Дисперсионный анализ продуктивности F_1 гибридов
и ее взаимодействия с условиями выращивания**

Источники варьирования	С	ν	М	F_{05} факт.	F_{05} табл.
Генотипы	5,21	29	0,18	4,29	1,57
Годы	11,71	1	11,71	272,29	3,94
Генотип \times год	3,19	29	0,11	2,62	1,57
Случайные факторы	4,33	103	0,042		

Таблица 3

**Дисперсионный анализ комбинационной способности и ее взаимодействия
с годом испытания F_1 гибридов**

Источники варьирования	С	ν	М	F_{05} факт.	F_1 табл.
OKC_i	2,46	4	0,615	14,64	2,46
OKC_j	1,64	5	0,328	7,81	2,30
SKC_{ij}	1,12	20	0,056	1,33	1,68
$OKC_i \times$ год испытания	0,40	4	0,044	1,04	2,46
$OKC_j \times$ год испытания	1,67	5	0,186	4,43	2,30
$SKC_{ij} \times$ год испытания	1,05	20	0,053	1,26	1,68
Случайные факторы	4,32	103	0,042		

Результаты дисперсионного анализа по признаку средняя масса кочана у F_1 гибридов свидетельствуют о том, что на его варьирование, кроме генотипа, существенно влияют метеорологические условия года выращивания и взаимодействие генотипа с погодными условиями (табл. 2). Существенность различий вариантов по этим показателям позволяет перейти к дисперсионному анализу общей и специфической комбинационной способности родительских линий и их взаимодействия с условиями выращивания.

Дисперсионный анализ показывает, что родительские линии как в пределах сортов Слава 231 и Слава 1305, так и сорта Белорусская 455 существенно различаются по ОКС (табл. 3). Взаимодействие эффектов ОКС линий сортов Слава с погодными условиями несущественно. Эффекты ОКС линий сорта Белорусская 455 сильно взаимодействуют с условиями года выращивания. Различия линий по СКС и ее взаимодействие с условиями года при избранном уровне значимости (P_{05}) оказались несущественными. В результате анализа вариантов комбинационной способности установлено, что различия в проявлении гетерозиса по средней массе кочана у испытываемых F_1 гибридов среднеспелой капу-

Средняя масса кочана F_1 гибридов (кг) и эффекты ОКС родительских линий при испытании в 1981 г. (числитель) и в 1982 г. (знаменатель)

Линии	C1-м	C22-п	C65-к	C119-м	C120-к	\bar{X}	g_j
B2-н	1,57	1,69	1,83	2,09	1,85	1,81	-0,13
	2,03	1,79	2,11	2,51	2,94	2,28	-0,54
B21-л	1,66	1,71	1,89	1,73	2,12	1,82	-0,12
	2,69	2,78	3,02	3,54	3,66	3,14	0,34
B25-к	1,67	2,00	1,93	2,06	2,17	1,92	0,04
	2,45	3,08	2,97	3,98	3,44	3,18	0,36
B26-к	1,56	1,80	2,07	1,69	1,96	1,82	-0,12
	2,43	2,96	2,78	3,18	3,19	2,91	0,09
B95-к	1,90	1,94	2,12	1,96	2,65	2,11	0,18
	2,91	2,80	2,47	2,43	2,92	2,71	-0,11
B96-л	1,72	1,98	2,10	2,13	2,49	2,08	0,15
	2,38	2,82	2,67	3,05	2,58	2,70	-0,12
\bar{x}	1,68	1,85	1,99	1,94	2,20	1,94	
	2,48	2,71	2,67	3,12	3,12	2,82	
g_i	-0,25	-0,08	0,05	0,00	0,27		
	-0,34	-0,11	-0,15	0,30	0,30		

HCP_{05} для $(g_i - g'_i) \frac{0,08}{0,21}$ кг, HCP_{05} для $(g_j - g'_j) \frac{0,09}{0,23}$ кг.

сты в основном обусловлены аддитивным действием генов. Коэффициенты корреляции между суммой эффектов ОКС родительских линий и средней массой кочана у их гибридов также свидетельствуют о тесной зависимости этих показателей (0,91 в 1981 г. и 0,85 в 1982 г.).

Оценка средней массы кочана у F_1 гибридов и эффектов общей комбинационной способности линий в оба года испытания показала, что в неблагоприятных условиях 1981 г. среди четырех лучших были F_1 гибриды от скрещивания родительских линий, B95-к, B96-л и B25-к с линиями C120-к и C119-м (табл. 4). По массе кочана они превосходили средний показатель по всем гибридам на 10—37%. В благоприятных условиях 1982 г. лучшими оказались F_1 гибриды, полученные от скрещивания линий B21-л и B25-к с линиями C119-м и C120-к, у которых масса кочана была выше средней по гибридам на 22—41%. Таким образом, в оба года испытания среди лучших был только один гибрид B25-к × C120-к. Места трех других лучших гибридов в разные годы испытания занимали разные комбинации скрещивания. Эти изменения были вызваны сильной реакцией генотипов линий сорта Белорусская 455 на условия года выращивания, что привело к резкому изменению уровней и знаков эффектов ОКС этих линий.

Разброс значений эффектов ОКС у линий сортов Слава 231 и Слава 1305 в оба года испытания был в близких пределах: в 1981 г. от -0,25 кг до 0,27 кг, в 1982 г. от -0,34 кг до 0,30 кг. Линии же сорта

Таблица 5

Эффекты ОКС родительских линий и их изменение по годам (% от средней популяционной)

Линии	В среднем за 2 года, кг	1981 г.	1982 г.	Разница по сравнению с 1982 г.
C1-м	-0,29	-12,9	-12,1	+0,8
C22-п	-0,10	-4,1	-3,9	0,2
C65-к	-0,05	2,6	-5,3	-7,9
C119-м	0,15	0,5	10,6	10,1
C120-к	0,28	13,9	10,6	-3,3
B2-н	-0,34	-6,7	-19,1	-12,4
B21-л	0,10	-6,2	11,3	17,5
B25-к	0,20	2,1	12,8	10,6
B26-к	-0,02	-6,2	3,2	9,8
B95-к	0,04	9,3	-3,9	-13,2
B96-л	0,02	7,7	-4,2	-11,9
HCP_{05} для C=0,11; B=0,13				

Белорусская 455 сравнительно слабо различались по эффектам ОКС в 1981 г. (от $-0,13$ кг до $0,15$ кг) и сильно — в 1982 г. (от $-0,54$ кг до $0,36$ кг). При испытании гибридов в благоприятных условиях возросли эффекты ОКС у лучших линий и снизились — у худших. Вместе с тем у многих линий сорта Белорусская знак показателя эффектов ОКС изменился на обратный. Разница между показателями эффектов ОКС разных лет испытания у всех линий сорта Белорусская 455 превышала $0,2$ кг, а среди линий сортов Слава 231 и Слава 1305 такая разница наблюдалась только у двух.

Для сравнения эффектов ОКС линий в разные годы испытания они были выражены в процентах от средней популяционной (табл. 5). Средний (за два года испытания) эффект ОКС у разных родительских линий колеблется в пределах от $-0,34$ кг у линии Б2-н до $0,28$ кг у С120-к. По этому показателю родительские линии можно разделить на три группы. Наиболее высокие показатели эффектов ОКС были у линий С120-к, Б25-к, С119-м и Б21-л. Эти линии наиболее перспективны для селекции высокоурожайных F_1 гибридов среднеспелой капусты. Гибридные комбинации, полученные при скрещивании этих линий (С119-м \times Б21-л, С119-м \times Б25-к, С120-к \times Б21-л и С120-к \times Б25-к), по данным двухлетнего испытания, значительно превосходили по средней массе кочана другие гибридные комбинации и исходные сорта.

Во вторую группу можно включить линии Б26-к, Б95-к, Б96-л, С22-п и С65-к, у которых эффекты ОКС находились в пределах от $0,03$ кг до $-0,10$ кг. Несмотря на невысокие эффекты ОКС, селекционная работа с этими линиями также может быть завершена выведением достаточно ценного гибрида в результате скрещивания с линиями первой группы. Заслуживают внимания такие комбинации скрещивания, как Б95-к \times С120-к, Б96-м \times С119-м, Б96-л \times С120-к, Б26-к \times С120-к и Б25-к \times С22-п. Кроме того, эти линии могут быть перспективны при использовании в других селекционных программах.

В третью группу входят линии Б2-н и С1-м, имеющие очень низкие эффекты ОКС. У большинства гибридов, полученных с их участием, средняя масса кочана была даже меньше, чем у исходных сортов.

Оценка эффектов ОКС родительских линий, выраженных в процентах от средней популяционной гибридов, показала, что у одних линий относительная величина эффекта ОКС в 1982 г. почти не изменилась (С1-м, С22-п и С120-к), что указывает на возможность использования полученных относительных оценок в разные годы. У других же линий она или сильно возросла (Б21-л), или снизилась (Б2-н, Б95-к и Б96-л). Большие различия в эффектах ОКС наблюдались в основном у линий сорта Белорусская 455: разница между показателями разных лет составила в среднем $12,6\%$, что почти в три раза больше, чем у линий сортов Слава 231 и Слава 1305.

Выводы

1. Выделенные из среднеспелых сортов Слава 231, Слава 1305 и Белорусская 455 самонесовместимые инбредные линии существенно различаются между собой по комбинационной способности.

2. Гетерозисный эффект по средней массе кочана у F_1 гибридов главным образом определяется общей комбинационной способностью линий, т. е. аддитивным действием полигенов.

3. В зависимости от метеорологических условий года аддитивные эффекты полигенов проявляются различно. Относительные величины и знаки эффектов ОКС у линий сортов Слава 231 и Слава 1305 в основном сохранились, а у линий сорта Белорусская 455 резко изменились.

4. В результате двухлетнего испытания F_1 гибридов наиболее высокие эффекты ОКС наблюдались у линий С119-м, С120-к, Б21-л и Б25-к. Использование этих линий наиболее перспективно в селекционной работе по выведению высокоурожайных F_1 гибридов среднеспелой капусты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бунтовский Р. П. Селекция самоопыленных линий подсолнечника на комбинационную способность по основным хозяйственно-ценным признакам. — Автореф. канд. дис. Одесса, 1979. — 2. Крючков А. В. Схема выведения четырехлинейных гибридов капусты на основе самонесовместимости. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 1, с. 124—134. — 3. Крючков А. В., Атиаскер-заде Р. Д., Кулиев Ш. Б. Оценка общей и специфической комбинационной способности самонесовместимых инбредных линий кочанной капусты при летнем и весеннем выращивании гибридов. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 1, с. 108—118. — 4. Пакудин В. З. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных и анализирующих скрещиваниях. — Бюлл. ВИР, 1974, вып. 43, с. 73—76. — 5. Плохинский Н. А. Алгоритмы биометрии. — М.: Изд-во МГУ, 1980. — 6. Савченко В. К. Метод оценки комбинационной способности генетически разнокачественных наборов родительских форм. — В сб.: Методики генетико-селекционного и генетич. экспериментов. Минск: Наука и техника, 1973, с. 48—77. — 7. Тарутина Л. А., Полонецкая Л. М., Капуста И. Б. Изучение изменчивости комбинационной способности линий кукурузы в зависимости от условий выращивания. — В сб.: Генетика продуктивности с.-х. культур. Минск: Наука и техника, 1978, с. 139—145. — 8. Хотылева Л. В., Тарутина Л. А. Разделение генотипической вариации на вариацию общей и специфической комбинационной способности и варианты их взаимодействия с условиями окружающей среды. — В сб.: Методики генетико-селекционного и генетич. экспериментов. Минск: Наука и техника, 1973, с. 37—47.

Статья поступила 3 февраля 1983 г.

SUMMARY

With four-strained F_1 hybrids of middle-ripening cabbage received from crossing selfincompatible inbred strains of varieties Slava 231 and Slava 1305 with strains of Byelorusskaya 455 variety heterosis effect of head mass was determined by additive activity of polygenes. Additive effects of polygenes vary with weather conditions. Relative values and signs of general combinability effects with strains of Slava 231 and Slava 1305 varieties remained practically the same, and with strains of Byelorusskaya 455 they sharply changed.