

ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

Известия ТСХА, выпуск 2, 2001 год

УДК 635.345:631.527.51

КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ ПЕКИНСКОЙ КАПУСТЫ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

Е. В. МАМОНОВ, Ж. РКЕЙБИ

(Кафедра селекции и семеноводства
плодовых и овощных культур)

Приводятся результаты исследований общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС) самонесовместимых инбредных линий пекинской капусты в системе полных диаллельных скрещиваний. Выяснен характер наследования содержания в растениях сухого вещества, нитратов и аскорбиновой кислоты. Определены корреляционные связи, позволяющие прогнозировать ОКС по содержанию нитратов и аскорбиновой кислоты.

Пекинская капуста — однолетнее растение с довольно коротким периодом вегетации (40~60 дней), что дает возможность выращивать ее практически круглый год. Высокая питательная ценность, содержание легкоусвояемых углеводов, белков, минеральных солей, витаминов группы В, РР, каротина, аскорбиновой кислоты позво-

ляют использовать пекинскую капусту в рационе человека в качестве диетического продукта. Она широко распространена в странах Юго-Восточной Азии, Западной Европе и США. В пищу употребляется как в свежем, так и в вареном, тушеном, квашеном виде. В Японии ее заготавливают впрок, спрессовывая целые листья, и ис-

пользуют для приготовления диетических блюд. Помимо высоких вкусовых и пищевых качеств, пекинская капуста обладает целебными свойствами.

В России эту культуру начали внедрять в овощеводство сравнительно недавно. В настоящее время районировано 5 сортов пекинской капусты для защищенного грунта: раннеспелый — Ленюк, среднеранние — Полукочанная и Родник, среднеспелый сорт — ТСХА 2 и раннеспелый — Хибинская, пригодный как для защищенного, так и для открытого грунта.

Создание новых сортов и гибридов этой культуры позволит полнее использовать ее биологический потенциал для получения питательного диетического продукта в ранневесенний и позднесенний периоды, когда потребность в витаминной продукции ощущается наиболее остро. Такие важные хозяйственно ценные признаки, как высокая продуктивность, скороспелость, устойчивость к болезням, могут успешно сочетаться в генотипе при выведении гетерозисных гибридов первого поколения. Изучение методов создания высокогетерозисных гибридов пекинской капусты, а также способов получения гибридных семян в производственных условиях представляет как науч-

ный, так и практический интерес.

В основе семеноводства гетерозисных гибридов пекинской капусты используются гомозиготные самонесовместимые инбредные линии, что обеспечивает получение гибридных семян без примеси родительских компонентов скрещивания. В научной литературе сведения об использовании самонесовместимости при создании гетерозисных гибридов пекинской капусты встречаются крайне редко. Вопросы проявления самонесовместимости у этой культуры освещены главным образом в работах китайских и российских ученых [6, 12].

Полученные самонесовместимые инбредные линии должны обладать высокой комбинационной способностью в скрещиваниях с другими линиями. Именно комбинационная способность таких линий совместно с их гомозиготностью по хозяйственно ценным признакам определяет в конечном счете ценность гибрида. На начальных этапах селекционной работы по выведению гетерозисных гибридов проводится оценка самонесовместимых инбредных линий на их способность давать высокий гетерозисный эффект по каким-либо хозяйственно ценным признакам при скрещивании их с другими линиями.

Создание и использование гетерозисных гибридов — важное достижение генетики и селекции. Гетерозис растений обеспечивает повышение продуктивности и качества продукции. В наибольшей степени он проявляется у гибридов первого поколения. Гетерозисные гибриды по сравнению с обычными сортами овощных культур дают прибавку урожая на 15-30% и более, устойчивы к болезням и вредителям, а также неблагоприятным условиям внешней среды. Они отличаются большей скороспелостью, лежкостью, высокими вкусовыми качествами и другими адаптивно и хозяйственно ценными признаками [1].

Работы по изучению гетерозисного эффекта у капусты были начаты в 20—30 гг. [9, 11, 18, 19].

За последние десятилетия учеными-селекционерами многих стран создано большое количество гибридов культур, относящихся к роду *Brassica*, в том числе кочанной, брюссельской, кормовой, листовой, цветной капусты и брокколи. В эту работу вовлечены также пекинская капуста, репа, редис и другие культуры. В отличие от свободно опыляющихся сортов у гибридов первого поколения наблюдаются ускоренные темпы роста, повышенная

мощность вегетативных органов, высокая урожайность, выравненность, устойчивость к болезням. Гетерозис проявляется также в увеличении содержания сахаров, сухого вещества, биологически активных веществ, в скороспелости и устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды.

Большое внимание уделяется получению гибридов от межлинейных и сортолинейных скрещиваний. Многие авторы отмечают высокий гетерозис по урожайности и скороспелости у гибридов F_1 капусты от скрещивания между собой инбредных линий с высокой комбинационной способностью [2, 4, 5, 7, 8, 10, 13, 17].

По мнению А. В. Крючкова [3], основанному на тщательном анализе имеющихся результатов исследований, самонесовместимые инбредные линии для получения 4-линейных гибридов должны обладать:

- 1) гомозиготностью по большинству генов, контролирующих хозяйственно ценные признаки;

- 2) идентичностью линий каждой пары по генам, определяющим хозяйственно ценные признаки и различие по 5-аллелям;

- 3) высокой специфической комбинационной способностью в скрещиваниях с линиями другой пары.

Именно комбинационная способность создаваемых самонесовместимых инбредных линий наряду с их гомозиготностью и изогенностью пар по хозяйственно ценным признакам определяет в конечном итоге ценность полученного материала. Поэтому на первых этапах работы по созданию гибридов одновременно с проведением генетического анализа выполняется скрещивание самонесовместимых инбредных линий с линиями других сортов для оценки комбинационной способности.

Необходимость введения понятий общей и специфической комбинационной способности было доказано экспериментально и теоретически Спрэггом и Татумом [20]. При анализе большого количества экспериментального материала ученые пришли к выводу, что общая комбинационная способность обусловлена аддитивным действием полигенов, а специфическая — определяется аллельными и неаллельными взаимодействиями генов — сверхдоминированием и эпистазом. Комбинационная способность передается потомству как при самоопылении, так и при скрещивании.

Используют несколько методов скрещивания для определения комбинационной способности: поликросс, топ-

кросс, диаллельные скрещивания. Наиболее точным и информативным методом оценки комбинационной способности считается метод диаллельных скрещиваний. Он позволяет определить как общую, так и специфическую комбинационную способность инбредных линий, оценить реципрокные различия, выяснить вклад аддитивных и неаддитивных эффектов генов в проявление признака, рассчитать наследуемость, предсказать дальнейшее направление селекционной работы с изучаемым материалом. К недостаткам этого метода следует отнести высокую трудоемкость, связанную с проведением большого объема скрещиваний и испытанием гибридов.

Гриффинг [14, 15] систематизировал и обобщил статистические методы анализа комбинационной способности, что существенно расширило возможности метода диаллельных скрещиваний. Им было предложено 4 способа определения комбинационной способности, которые различаются по полноте информации и сложности проведения эксперимента.

Изучение комбинационной способности инбредных линий пекинской капусты позволит выделить комбинации с высоким эффектом гетеро-

зиса и оценить линии по общей и специфической комбинационной способности.

Методика

Экспериментальная работа выполнена в 1996-1999 гг. на Селекционной станции им.

Н. Н. Тимофеева ТСХА в зимних остекленных и весенних пленочных теплицах. В качестве материала использовали 7 самонесовместимых инбредных линий пекинской капусты второго поколения инбридинга разного происхождения (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Происхождение инбредных линий пекинской капусты

№ линии	Инбредная линия	Название сорта	Происхождение
1	K120-44	Синь-чжун	Китай
2	K185-81	Синь-чжун 124	Китай
3	K135-81	Хэ-тоу	Китай
4	Я191-22	Гокувасе чифу	Япония
5	Кр541-62	Пхеңьян 2	Корея
6	M236-48	Нагасаки маркет	Монголия
7	Кн164-36	Мичили	Канада

В 1994—1995 гг. из сортовых популяций были выделены самонесовместимые растения, инбредные потомства которых использовали в качестве материала для исследований биологических особенностей самонесовместимых инбредных линий. Из сортов пекинской капусты китайского происхождения в исследовании включены линии K120-44, K185-75, K135-81; японского — Я191-22; корейского — Кр541-62; канадского — Кн164-36; монгольского — M236-48.

Самонесовместимость исследуемых линий проявлялась на уровне завязывания

0-2 семян на стручок при самоопылении цветков. Кроме того, линии хорошо завязывали семена при гейтенгамном опылении бутонов (не менее 10 семян на стручок) и при перекрестном опылении (18—25 семян на стручок).

В 1996 г. в результате скрещиваний 7 инбредных линий пекинской капусты по полной диаллельной схеме получено 42 гибрида F₁.

Рассаду инбредных линий и гибридов пекинской капусты выращивали в зимней теплице. Посев проводили в середине апреля в ящики по схеме 6х6 см во влажную почвосмесь. Для ускорения

появления всходов посевные ящики накрывали полиэтиленовой пленкой. Температура поддерживалась на уровне 20–23°C. С появлением всходов пленку снимали, температуру поддерживали днем 18–20°C, ночью — 15–18°C. В возрасте 25 дней, когда рассада имела 4–5 настоящих листьев, ее высаживали в пленочную теплицу по схеме 30х30 см. В течение всей вегетации растений проводили регулярные поливы, подкормки, прополку, борьбу с вредителями и болезнями.

В процессе роста и развития растений измеряли высоту, динамику образования листьев. При уборке растений определяли урожайность, общее количество листьев, длину и ширину наибольшего листа.

Лабораторные исследования проводили на кафедре генетики ТСХА, в лаборатории агрохимии ВНИИ овощеводства. Определяли содержание сухого вещества в растениях термостатно-весовым методом, общего азота в растениях по микрометоду Кьельдаля, нитратов — ионо-селективным методом, аскорбиновой кислоты — по Мурри, сахаров — по микро Бертрану.

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа. Анализ комбинационной спо-

собности родительских линий выполнен по Гриффингу [14, 15]. Для оценки эффектов взаимодействия генов при контроле анализируемого признака использовали методы графического и дисперсионного анализа диаллельных таблиц по Хейману [16].

Результаты

Содержание сухого вещества. Содержание сухого вещества в растениях характеризует сортовые особенности и зависит от многих внешних факторов: влажности, температуры, продолжительности вегетационного периода. Для пекинской капусты нежелательно как очень высокое, так и низкое содержание сухого вещества. В первом случае это приводит к огрубению ткани листовой пластинки и снижению вкусовых качеств, во втором — к снижению питательной ценности. Анализ растений на содержание сухого вещества и других биохимических показателей проводили в 1997 г. — наиболее благоприятном для проявления генотипических признаков растений пекинской капусты.

Изучаемые гибриды существенно различались по способности накопления сухого вещества (табл. 2). Наибольшими значениями этого признака отличались гибри-

Т а б л и ц а 2

Содержание сухого вещества в гибридах F₁ пекинской
капусты (%), 1997 г.

Линия	K120-44	K185-75	K135-81	Я191-22	Кр541-62	M236-48	Кн164-36
K120-44	4,97	4,84	4,68	4,88	4,94	4,75	4,85
K185-75	4,87	5,67	5,18	5,20	5,16	4,93	5,04
K135-81	4,68	4,96	4,78	4,90	4,93	4,85	4,98
Я191-22	4,90	5,29	4,90	4,80	5,07	4,77	4,88
Кр541-62	4,88	5,17	4,94	4,89	5,58	4,65	4,80
M236-48	4,62	4,93	4,79	4,76	4,90	4,78	4,77
Кн164-36	4,77	5,21	4,98	4,89	4,92	4,68	5,01
<i>Контроль — сорт Хибинская 4,72</i>							
g	-0,10	0,22	-0,05	-0,01	0,10	-0,15	-0,02
gr	-0,12	0,22	-0,04	-0,03	0,14	-0,16	-0,03
gs	-0,08	0,22	-0,06	0,01	0,06	-0,14	-0,01
MЭ	-0,03	0,00	0,03	-0,04	0,09	-0,02	-0,02
F-p	-0,17	-0,60	0,12	0,14	-0,64	0,01	-0,11

НСР₀₅ для x = 0,03; окс = 0,01; мэ = 0,02

ды K185-75xЯ191-22 (5,29%), K185-75xКр541-62 (5,17%), K185-75 x Кн 164-36 (5,21%), Я191-22xK185-75 (5,20%), Кр541-62xK185-75 (5,16%) и Кр541-62xЯ191-22 (5,07%). Обращает на себя внимание реципрокное взаимодействие инбредных линий по этому признаку. Гибриды, у которых одним из компонентов скрещивания была линия K120-44, отличались невысоким содержанием сухого вещества в растениях. Самый низкий показатель с участием этой линии был у гибрида

K120-44xM236-48 (4,62%), несколько выше (4,68%) — у гибрида K120-44xK135-81.

Дисперсионный анализ общей комбинационной способности показал, что по содержанию сухого вещества инбредные линии значительно различаются. Наиболее перспективной в этом плане могут считаться линии K185-75 и Кр-541-62, у которых этот показатель соответственно равен 0,22 и 0,10. Самые высокие значения ОКС как в роли матери, так и в качестве отца имели эти же две

Эффекты специфической комбинационной способности инбредных линий пекинской капусты по содержанию сухого вещества

Линия	K120-44	K185-75	K135-81	Я191-22	Kp541-62	M236-48	Kн164-36
K185-75	-0,20						
K135-81	-0,10	-0,03					
Я191-22	0,07	0,10	0,03				
Kp541-62	-0,02	-0,09	-0,04	-0,05			
M236-48	0,01	-0,07	0,09	-0,01	-0,11		
Kн164-36	0,00	-0,01	0,12	-0,02	-0,15	-0,04	
σs_{ij}	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01

НСР₀₅ для S_{ij} = 0,01

линии. У них наблюдался относительно высокий положительный эффект. Значимая, но низкая положительная ОКС в качестве отца отмечена у линии Я191-22. У остальных исходных линий показатели ОКС отрицательные. Положительный, но сравнительно невысокий материнский эффект по содержанию сухого вещества отмечен у линии Kp541-62 (0,99). У остальных исходных форм материнские эффекты или очень малы, или отрицательны.

Эффекты специфической комбинационной способности инбредных линий по содержанию сухого вещества варьировали в широких пределах: от -0,20 в комбинации K120-44xK125-75 до 0,12 у K135-

81xKн164-36 (табл. 3). Наиболее высокие значения эффектов СКС наблюдались в комбинациях K120-44xЯ191-22, K185-75xЯ191-22 и K135-81xM236-48 — соответственно 0,07, 0,10, 0,09.

Вариансы СКС различались незначительно по всем инбредным линиям и находились в пределах ошибки опыта.

В табл. 4 представлены результаты дисперсионного анализа генотипов инбредных линий пекинской капусты по признаку содержания сухого вещества в растениях.

Анализ значимости генотипических различий между гибридами F_j по содержанию сухого вещества показал относительно высокую долю влияния генотипического

Таблица 4

**Результаты дисперсионного анализа генотипов инбредных
линий пекинской капусты по содержанию сухого вещества
в растениях**

Источник изменчивости	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
			факт.	табл.
Общая	97	0,04	187,01	1,52
Генотипы	48	0,09	371,72	1,60
Повторности	1	0,06	249,13	4,03
Случ. откл.	48	0,01	—	—

фактора на проявление изучаемого признака у растений, которая в 2,2 раза превышала общую дисперсию.

Поскольку $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор2}}$ то различия признака у гибридов значимы. Это дает основание полагать, что родительские инбредные линии различны по комбинационной способности.

Дисперсионный анализ дигибридной таблицы по Хей-

ману для признака «содержание сухого вещества» в растениях свидетельствует о существенных различиях между инбредными линиями по аддитивным эффектам генов (значимость a) (табл. 5). Большое влияние в наследовании признака содержания сухого вещества в растении оказывают аддитивные факторы. Аддитивный эффект a_1 составляет 67,4% всей дис-

Таблица

**Дисперсионный анализ генетических факторов,
контролирующих содержание сухого вещества
в растениях пекинской капусты**

Источник изменчивости	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
			факт.	табл.
a	6	0,43	17,79	4,28
a_1	6	0,29	12,18	4,28
b	21	0,07	3,25	2,05
b_1	1	0,39	574,44	161,00
b_2	6	0,11	11,76	4,28
b_3	14	0,02	8,90	2,48
c	6	0,01	3,81	4,28
d	15	0,01	4,73	2,39
Общая	48	0,09	3,72	1,60

Персии величины a . Существенное влияние на наследование содержания сухого вещества в растении оказывают эпистатические эффекты, на что указывает значимость величины b_3 . В генотипах линий эффекты доминантных генов однонаправленные (значимость b_1). Влияние усредненных материнских эффектов (незначимость c) на наследование этого признака незначительно. Установлена существенная значимость реципрокных эффектов (d) у гибридов.

Анализ оценок компонент генетической вариации показал, что у признака содержания сухого вещества наблюдается преобладание доминантных эффектов над аддитивными (табл. 6). Положительное значение параметра F указывает на преобладание доминантных аллелей для большинства локусов.

Соотношение H_1/D больше единицы, что свидетельствует о наличии сверхдоминирования при наследовании количества сухого вещества.

Наблюдается взаимосвязь между фенотипическим проявлением признака у инбредных линий и их ОКС ($r = 0,89 \pm 0,21$), между фенотипическим проявлением признака у линий и суммой ковариаций родитель-потомок и

Т а б л и ц а 6
Оценка компонент генетической вариации для содержания сухого вещества в пекинской капусте

Генетический компонент	Оценка
E	0,02
D	0,46
H_1	0,64
H_2	0,35
F	0,69
H_1/D	1,39
$\sqrt{H_1/D}$	1,18
$0,5F$	0,94
$\sqrt{D(H_1 - H_2)}$	
$H_2/4H_1$	0,14

вариаций по содержанию сухого вещества ($r = 0,89 \pm 0,21$) и между ОКС и $Wr + Vr$ ($r = 0,90 \pm 0,19$). Это говорит о том, что признак контролируется рецессивными полигенами. Линии с большим числом рецессивных генов обладают, как правило, и большей ОКС, которую можно прогнозировать по величине признака у родительских линий.

Содержание нитратов. Способность растений накапливать азот в нитратной форме у разных сортов и гибридов пекинской капусты неодинакова. Содержание нитратов в растениях зависит от интенсивности процессов метаболизма и азотного обмена, которые во многом определяются внешними факторами

среды. Пекинская капуста, как и все листовые овощи (салат, шпинат), накапливает нитраты достаточно интенсивно (ПДК 3000 мг/кг). Содержание их в исходных инбредных линиях, как правило, не превышало ПДК и составляло максимально 3430 мг/кг сырой массы у линии К185-75 и минимально — 1110 и 1635 у Кр541-62 и К135-81.

У гибридов, полученных с использованием инбредных линий, характеризующихся низким содержанием нитратов, количество их, как правило, также было невысоким.

Это гибрид К135-81 х Кр541-62 и его реципрокный аналог, содержащие нитраты в количестве 1450 и 1760 мг/кг сырой массы (табл. 7).

Селекция по признаку содержания нитратов направлена на выделение инбредных линий и их гибридов с низкими показателями. Более перспективными считаются линии, имеющие низкие эффекты ОКС, так как полученные с их участием гибриды будут содержать низкие концентрации нитратов. Исходя из этого наибольший интерес представляют линии Кр541-62 и К135-81, имею-

Т а б л и ц а 7

Содержание нитратов в гибридах F₁ пекинской капусты (мг/кг сырой массы), 1997 г.

Линия	К120-44	К185-75	К135-81	Я191-22	Кр541-62	М236-48	Кн164-36
К120-44	2300	2955	1930	2395	1945	2120	2035
К185-75	3130	3430	2715	3200	2345	2790	3000
К135-81	1955	2705	1635	2140	1760	2010	1790
Я191-22	2065	3600	1870	2545	2135	2790	2225
Кр541-62	1610	2950	1450	2095	1110	1740	1825
М236-48	2525	3195	1870	1940	1950	2150	2445
Кн164-36	1925	2650	1915	2335	1840	2050	2080

Контроль — сорт Хибинская 2150

g	-40,8	738,1	-313,0	151,3	-421,0	-2,6	-112,0
gr	-52,9	800,6	-357,0	109,9	-399,0	-33,0	-68,7
gs	-28,7	675,6	-269,4	192,8	-443,0	27,8	-155,1
МЭ	-24,3	125,0	-87,1	-82,9	43,6	-60,7	86,4
F-p	-84,2	-493,8	374,2	-145,8	860,4	135,4	89,6

НСР₀₅ для х = 15,8; окс = 5,1; мэ = 8,7

шие отрицательный эффект ОКС (-421 и -313). Указанные линии имели также высокие отрицательные эффекты ОКС при использовании их в качестве как отцовских, так и материнских линий. Большое значение цитоплазматического влияния на признак содержания нитратов в растениях показала инбредная линия К185-75 (125,0).

Существенный эффект снижения содержания нитратов получен в гибридных комбинациях с участием ин-

бредных линий К185-75 и Я191-22, $F_p = -493,8$ и $-145,8$ мг/кг сырой массы.

По содержанию нитратов в растениях эффекты СКС варьировали от 149,1 в комбинации К120-44 x Я191-22 до 241,9 у К185-75 x Я191-22 (табл. 8). Анализ доли влияния инбредной линии в общую дисперсию СКС показывает значимую роль инбредных линий К185-75 и Я191-22. Дисперсия СКС по этим линиям составила соответственно 14695 и 21637.

Т а б л и ц а
Эффекты специфической комбинационной способности инбредных линий пекинской капусты по содержанию нитратов

Линия	К120-44	К185-75	К135-81	Я191-22	Кр541-62	М236-48	Кн164-36
К185-75	76,52						
К135-81	27,59	16,18					
Я191-22	-149,10	241,90	-102,10				
Кр541-62	-29,19	61,89	70,46	116,20			
М236-48	97,24	-11,68	-13,11	-52,41	0,11		
Кн164-36	-136,00	-69,89	8,68	-28,12	96,89	93,32	
σs_{ij}	11530	14695	3330	21637	6506	4244	8468

$НСР_{05}$ для $S_{ij} = 3,50$

Дисперсионный анализ генетических факторов, контролирующих содержание нитратов в растениях, показал существенную роль аддитивных и доминантных эффектов на проявление признака (значимость a и B) (табл. 9).

На долю собственно аддитивного эффекта приходится 26,3% всей дисперсии величины a . Основную роль здесь играют эффекты доминантных полигенов. Действие доминантных аллелей однонаправленное (значимость b_1) и

Таблица 9

Дисперсионный анализ генетических факторов, контролирующих содержание нитратов в растениях пекинской капусты

Источник изменчивости	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
			факт.	табл.
<i>a</i>	6	40004,27	131,91	4,28
<i>a</i> ₁	6	10543,11	23,84	4,28
<i>b</i>	21	551,31	9,81	2,05
<i>b</i> ₁	1	1326,11	887,79	161,00
<i>b</i> ₂	6	793,33	19,87	4,28
<i>b</i> ₃	14	392,24	5,96	2,48
<i>c</i>	6	510,20	5,27	4,28
<i>d</i>	15	1383,78	20,92	2,39
Общая	48	5737,38	93,64	1,60

распределены они между линиями неравномерно (значимость *b*₂). Существенное влияние на наследование содержания нитратов в растениях оказывают эффекты неаллельного взаимодействия, на что указывает значимость величины *b*₃. Усредненные материнские эффекты на изучаемый признак оказывают небольшое влияние. В значительной степени на наследование признака влияют реципрокные эффекты.

Наблюдается значительное преобладание аддитивных эффектов генов над доминантными ($H_1/D = 0,16$) (табл. 10). Значение параметра H_2 в 1,5 раза ниже, чем значение H_1 , что свидетельствует о неравенстве частоты аллелей и что значение $H_2/4H_1$ меньше максимально возможного 0,25.

Таблица 10

Оценки компонент генетической вариации для признака содержания нитратов в пекинской капусте

Генетический компонент	Оценка
E	30,83
D	527125,12
H_1	83381,32
H_2	55071,06
F	-16044,17
H_1/D	0,16
$\sqrt{H_1/D}$	0,40
$0,5F$	-0,07
$\sqrt{D(H_1 - H_2)}$	
$H_2/4H_1$	0,17

Отрицательное значение F указывает на то, что в схеме наследования содержания нитратов в растениях преобладают рецессивные аллели.

Анализ парных коэффициентов корреляций показал наличие обратной связи средней степени между эффектами ОКС линий и количеством рецессивных генов ($r = -0,54 \pm 0,18$). Из этого следует, что ОКС линий по этому признаку контролируется доминантными полигенами. Аналогичная зависимость имела место и в отношении фенотипического проявления признака количества рецессивных генов ($r = -0,57 \pm 0,17$). Между содержанием нитратов в растениях и ОКС линий отмечена прямая корреляция высокой степени ($r = 0,88 \pm 0,10$).

Содержание аскорбиновой кислоты. В селекции овощных культур, особенно зеленых и листовых овощей, употребляемых в пищу в свежем виде, особое значение придается содержанию аскорбиновой кислоты в растениях как источнику витамина С в рационе питания человека. Среднее содержание аскорбиновой кислоты в пекинской капусте 25—30 мг%, что выше, чем у таких распространенных овощных культур, как огурец и томат. Изучение характера наследования этого признака в потомстве имеет важное как теоретическое, так и практическое значение.

В наших исследованиях исходные инбредные линии пекинской капусты сущест-

венно различались между собой по признаку содержания аскорбиновой кислоты. Показатели его изменялись от 20,8 у K185-75 до 39,3 мг% у Kp541-62 (табл. 11). Наибольшее количество ее было у гибрида Kp541-62 x K120-44 (42,3 мг%), наименьшее — у K185-75 x K135-81 (22,2 мг%).

Высоким эффектом ОКС отличались инбредные линии Kp541-62 (3,98) и K135-81 (2,30). Положительное влияние на ОКС оказывают инбредные линии Kp541-62 и K135-81, взятые в качестве как материнских, так и отцовских линий. Эффекты ОКС у них были на уровне 2,06-4,21. Отрицательные эффекты ОКС отмечены у линий KISS-75 и Я191-22. В целом инбредные линии обладали незначительным положительным влиянием цитоплазмы материнских линий на ОКС. Отрицательные значения материнского эффекта были отмечены у линий K185-75, Kp541-62 и M236-48. Высокий гетерозисный эффект наблюдался в комбинациях с инбредными линиями K185-75 и M236-48.

Эффекты специфической комбинационной способности пекинской капусты варьировали от -4,40 у гибрида K135-81 x Я191-22 до 4,89 у K185-75 x Я191-22 (табл. 12).

Высокие эффекты специфической комбинационной способности отмечены у гиб-

Таблица 11

Содержание аскорбиновой кислоты в инбредных линиях
и гибридах пекинской капусты (мг%), 1997 г.

Линия	K120-44	K185-75	K135-81	Я191-22	Кр541-62	M236-48	Кн164-36
K120-44	33,2	27,2	36,3	28,5	42,3	34,0	35,3
K185-75	27,0	20,8	28,3	26,3	29,2	28,0	24,4
K135-81	38,9	22,2	38,1	28,2	40,6	38,9	36,4
Я191-22	31,0	28,2	26,3	29,6	31,0	30,6	27,4
Кр541-62	38,5	29,6	40,0	30,0	39,3	40,0	40,8
M236-48	38,9	23,3	39,9	31,2	38,3	31,8	39,6
Кн164-36	34,4	24,4	37,6	33,0	34,4	36,0	32,3
<i>Контроль — сорт Хибинская 26,1</i>							
g	1,50	-6,97	2,30	-3,33	3,98	1,76	0,76
gr	1,87	-7,57	2,54	-3,14	3,75	1,50	1,06
gs	1,14	-6,37	2,06	-3,52	4,21	2,02	0,47
MЭ	0,73	-1,19	0,48	0,38	-0,46	-0,53	0,59
F-p	1,18	5,70	-3,60	-0,32	-3,11	3,12	1,37

HCP_{05} для $x = 1,15$; окс = 0,22; мэ = 0,31

Таблица 12

Эффекты специфической комбинационной способности
инбредных линий пекинской капусты по содержанию
аскорбиновой кислоты

Линия	K120-44	K185-75	K135-81	Я191-22	Кр541-62	M236-48	Кн164-36
K185-75	-0,09						
K135-81	1,11	-2,76					
Я191-22	-1,11	4,89	-4,40				
Кр541-62	2,21	-0,27	1,34	-2,83			
M236-48	0,50	-1,80	2,65	-0,21	0,70		
Кн164-36	-0,10	-2,05	1,28	0,06	0,16	2,59	
σs_{ij}	1,52	7,82	7,75	10,52	3,05	3,56	2,52

HCP_{05} для $S_{ij} = 0,14$

ридов K120-44 x K135-81 (1,11), K120-44 x Кр541-62 (2,21), K185-75 x Я191-22 (4,89), K135-81 x Кр541-62 (2,34), K135-81 x M236-48 (2,65) и M236-48 x Кн164-36 (2,59). Инбредные линии K185-75, K135-81 и Я191-22 отличались высоким уровнем дисперсии (соответственно 7,82, 7,75, 10,52).

Дисперсионный анализ генетических факторов, контролирующих содержание аскорбиновой кислоты в растениях, показал существенную роль аддитивных и доминантных эффектов на проявление признака (значимость *a* и *b*) (табл. 13).

На долю собственно аддитивного эффекта приходится

Т а б л и ц а 1 3

Дисперсионный анализ генетических факторов, контролирующих содержание аскорбиновой кислоты в растениях пекинской капусты

Источник изменчивости	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
			факт.	табл.
<i>a</i>	6	404,80	7385,10	4,28
<i>a</i> ₁	6	74,14	22242,46	4,28
<i>b</i>	21	22,20	239,71	2,05
<i>b</i> ₁	1	4,63	115,19	161,00
<i>b</i> ₂	6	22,12	636,52	4,28
<i>b</i> ₃	14	23,48	193,86	2,48
<i>c</i>	6	3,70	34,07	4,28
<i>d</i>	15	12,64	89,13	2,39
Общая	48	64,72	614,96	1,60

18,3% всей дисперсии величины *a*. Основную роль здесь играют эффекты доминантных полигенов. Действие доминантных аллелей разнонаправленное (незначимость *b*₁) и распределены они между линиями неравномерно (значимость *b*₂). Существенное влияние на наследование содержания аскорбиновой кислоты в растениях оказывают эффекты неаллельного

взаимодействия, на что указывает значимость величины *b*₃. Усредненные материнские эффекты на изучаемый признак оказывают небольшое влияние. В значительной степени на наследование признака влияют реципрокные эффекты (значимость *d*).

Оценки компонент генетической вариации для признака содержания аскорбиновой кислоты в растениях

(табл. 14) свидетельствуют о преобладании аддитивных эффектов генов над доминантными ($H_j < D$), т. е. о наличии в генетическом контроле неполного доминирования.

Т а б л и ц а 14

Оценка компонент генетической вариации для признака содержания аскорбиновой кислоты в растениях пекинской капусты

Генетический компонент	Оценка
E	0,05
D	37,02
H_1	29,96
H_2	22,09
F	-12,93
H_1/D	0,81
$\sqrt{H_1/D}$	0,90
$0,5F$	-0,38
$\sqrt{D(H_1-H_2)}$	
$H_2/4H_1$	0,18

Доминантные и рецессивные аллели распределяются между локусами неравномерно, это следует из отношения $H_2/4H_1 = 0,18$, что меньше максимально возможного 0,25.

Отрицательное значение параметра F говорит о преобладании рецессивных аллелей у родительских линий.

Анализ парных коэффициентов корреляции показывает, что между содержанием аскорбиновой кислоты у гибридов и ОКС инбредных ли-

ний существует прямая корреляция сильной степени ($r = 0,94 \pm 0,15$). Это означает, что инбредные линии с высоким содержанием аскорбиновой кислоты обладают высокой общей комбинационной способностью. Между фенотипическим проявлением признака и количеством рецессивных полигенов наблюдается прямая корреляция средней степени ($r = 0,66 \pm 0,24$). Корреляция между числом рецессивных генов у инбредных линий и их ОКС выражена сильнее ($r = 0,78 \pm 0,28$).

Выводы

1. Инбредные линии K185-75 и Kp541-62 обладают высоким эффектом ОКС по содержанию сухого вещества в растении. В генетическом контроле признака наблюдается сверхдоминирование, эпистатические эффекты слабые.

2. Высокие отрицательные эффекты ОКС по содержанию нитратов отмечены у инбредных линий Kp541-62 и K135-81. В генетическом контроле признака наблюдается неполное доминирование.

3. По содержанию аскорбиновой кислоты высокими эффектами ОКС выделяются инбредные линии Kp541-62 и K135-81. В генетическом контроле признака наблюдается неполное доминирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боос Г. В., Бадина Г. В., Буренин В. И. Гетерозис в овощеводстве. JL: Агропромиздат, 1990. — 2. Даскалов Х., Михов А., Минков И. и др. Гетерозис и гибридное семеноводство капусты. — Гетерозис и его использование в овощеводстве. М.: Колос, 1978, с. 271-307. — 3. Крючков А. В. Схема выведения четырехлинейных гибридов капусты на основе самонесовместимости. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 1, с. 124-131. — 4. Крючков А. В. Селекция и семеноводство гетерозисных гибридов кочанной капусты на основе самонесовместимости. — Тезисы докл. Всесоюз. научн. конф. «Проблемы увеличения производства, улучшения семеноводства и хранения овощей», М., 1983, с. 100-101. — 5. Крючков А. В., Кутяева Е. И., Орлова В. И. Оценка инбредных самонесовместимых линий ранней белокочанной капусты на общую и специфическую комбинационную способность. — Тр. по селекции овощных культур. ВНИИССОК, 1981, вып. 14, с. 35-43. — 6. Мамонов Е. В., Мбунгу Б. М., Воме М. Проявление самонесовместимости пекинской капусты. — Докл. ТСХА, 1996, вып. 267, с. 149—152. — 7. Монахос Г. Ф. Проявление комбинационной способности самонесовмести-

мых промежуточных гибридов в зависимости от площади питания четырехлинейных гибридов среднеспелой белокочанной капусты. Автореф. канд. дис., М., ТСХА, 1984. — 8. Монахос Г. Ф., Ушанов А. А. Наследование продуктивности у кормовой капусты. — Докл. ТСХА, вып. 269, с. 174-183. — 9. Синская Е. Н. Межвидовые скрещивания культурных *Brassicae*. — Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л., 1927, т. 17, вып. 1, с. 3-39. — 10. Харламов Д. М., Колесников И. М. Оценка комбинационной способности самонесовместимых инбредных линий брокколи по продуктивности. — Докл. ТСХА, вып. 269, с. 183-190. — 11. Химич Р. Е. Гетерозис у капусты. — Итоги работы по селекции овощных культур Грибовской станции. М., вып. 1, 1935, с. 63-81. — 12. Chang W. P., Xiang S. B. The effects of spraying sodium chloride solution and of remote mentor pollen on the fertility of self-incompatible lines of cabbage. — Acta-Horticulturae-Sinica, 1988, 15:2, 119, h. 143-144. — 13. Dorsman C. F] hybrids in some out pollinating crops. — Heterosis in Plant Breeding. Eucarpia, 1976, p. 19-206. — 14. Griffing B. Heredity, 1956a, vol. 10, № 1, p. 31-50. — 15. Griffing B. Austr. Jou. of Bio. Sci., 1956b, vol. 9, № 4, p. 463. —

16. *Hayman B. I.* Biometrics, 1954a, № 10, p. 235. — 17. *Johnston T. D.* Euphitica, 1968, vol. 17, p. 63-73. — 18. *Pearson O. H.* Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci., 1929, vol. 26, p. 34-38. — 19. *Pearson O. H.* Calif. Agr. Exp. Sta. Bull., 1932, vol. 532. — 20. *Sprague G. F., Tatum L. A. J.* Amer. Soc. Agron., 1942, № 34, p. 923-932.

*Статья поступила
19 марта 2001 г.*

SUMMARY

Results of investigating general and specific combinative capacity (GCC and SCC) of self-incompatible inbred lines of Pe-tsai in the system of full diallel crossings are presented. The nature of heritability of the content of dry matter, nitrates and ascorbic acid in plants has been found out. Correlative connections which allow to forecast GCC by the amount of nitrates and ascorbic acid have been determined.