

Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева.

Кафедра генетики

**Курсовая работа на тему:**

*Генетический контроль развития  
листа у гороха*

Подготовил: студент 205 группы  
Агрономического факультета  
Худякова Юлия Викторовна  
Проверил: Соловьев А.А.

<http://yadyra.ru>

# Содержание

- **Систематика гороха**
  - **Биологические особенности**
  - **Генетическая карта хромосом гороха**
  - **Формирование листа у гороха**
  - **Использование форм гороха с разным типом листа в селекционных программах**
  - **Задача**
- Литература**

## Систематика гороха

Горох (род *Pisum L.*) относится к семейству бобовые – *Fabaceae Lindl. (Leguminosae Juss.)*, колену виковые – *Viceae Bron.* и насчитывает по классификации, предложенной Р. Х. Макашевой, всего два вида.

- 1) *P. Fulvum Sibth. et Smith* – горох красно-желтый – однолетнее низкорослое растение (10-75 см.). Бобы мелкие (3-4 X 0,7-1 см.), прямые. Семена округлые, диаметром 0,3-0,4 см. Встречаются в дикой флоре в горных районах Малой Азии и Аравии. При скрещивании с горохом посевным обнаруживает высокую стерильность.
- 2) *P. sativum L. sensu amplissimo Govorov* – горох посевной – однолетний, чрезвычайно полиморфный вид, включающий и зимующие формы. Диких форм немного. В сущности, это вид-космополит. По современной классификации включает шесть подвидов: высокий, абиссинский, закавказский, азиатский и посевной. В производстве в основном возделывается последний подвид.

Для более эффективного и целенаправленного использования в селекции потенциала культуры большое значение имеет агроэкологическая классификация, в основе которой лежат совокупность биологических свойств и морфологических признаков, а также общность происхождения. А. И. Говоров выделил 18 таких эколого-географических групп в пределах трех подвидов гороха посевного. Наиболее существенные из них следующие.

*Средиземноморская* – растения имеют большой габитус. Стебель толстый, высотой 80-300 см. Бобы крупные, длиной более 6 см. Масса 1000 семян 250-400 г. Растения отличаются довольно быстрым темпом роста в период всходы - цветение, требовательны к влаге и относительно устойчивы к понижению температуры в это время. В последующие фазы устойчивы к периодической засухе, но требовательны к теплу в период налива зерна. В целом вегетационный период средний. В оптимальных условиях дают высокие урожаи зерна хорошего качества (содержание белка 23 – 26 %). Сорта Уладонский 303, Чишимский ранний и др.

*Западноевропейская* – растения крупные или среднего размера. Высота стебля 40 – 150 см. Бобы крупные или среднекрупные. Масса 1000 семян 180 – 300 г. Растения характеризуются медленным ростом и развитием в начале вегетации, но период цветения – созревание проходит быстро. Более требовательны к влаге, теплу и агрофону по сравнению с предыдущей группой. Сорта Роман и Орлик (Чехословакия), Паули (Нидерланды). Сюда относятся главным образом овощные формы.

*Среднеевропейская* – самая многочисленная группа. Вегетативные органы средние или реже крупные, генеративные – мелкие или средние. Масса 1000 семян 150 – 260 г. Растения в основном среднерослые, реже высокие. Характеризуются быстрым темпом роста, малотребовательны к влаге в первый период вегетации. Относительно малотребовательны к теплу в течение всего вегетационного периода, высокопластичны, но вместе с тем при интенсивном агрофоне по урожайности могут уступать двум предыдущим группам.

Имеются ультраскороспелые сорта. Содержание белка в зерне колеблется от 21 до 31 %. Сорта Капитал, Рамонский 77, Урожайный, Горьковский 186 и др.

*Сибирская* – растения среднего габитуса. Высота стебля до 150 см. Семена мелкие, масса 1000 семян до 200 г. Растения в период всходы – цветение растут медленно, благодаря чему устойчивы к засухе в это время. Менее требовательны к теплу в период налива и созревания семян. Чувствительны к длине дня. При укороченном световом дне не зацветают. Сорты Тулунский гибрид, Град амурский.

Горох – *Pisum L.* входит в трибу виковые (*tribus Viciae Bronn*), семейство бобовые – *Fabaceae Lindl.* Возделываемые сорта относятся к подвиду посевной (*subsp. Sativum*) ( $2n = 14$ ).

Род *Pisum L.* по классификации, предложенной ВИР, включает всего два вида: *Pisum fulvum Sibth. et Smith.* – горох красно-желтый и *Pisum sativum L.* – горох посевной.

**Горох желто-красный** (*Pisum fulvum Sibth. et Smith.*) – однолетнее низкорослое растение высотой 10 – 75 см, с очень тонким стеблем. Ярко выраженный эфемер. Сильно реагирует на длину дня.

Бобы мелкие (3 – 4 x 0,7 – 1 см), прямые, при созревании легко растрескиваются. Семена округлые, мелкие (0,3 – 0,4 см в диаметре), кожура толстая, темно бурая. Рубчик оливкового, коричневого или черного цвета. Известен только в дикой флоре. Особенного селекционного значения не имеет. При скрещивании с горохом посевным проявляет высокую стерильность. Распространен в основном в Малой Азии. Вид включает несколько разновидностей и подразновидностей.

**Горох посевной** (*Pisum sativum L.*) – однолетний очень полиморфный вид. Стебель от тонкого до значительно утолщенного и плоско-фасциированного в верхнем ярусе, полый в основном лежащий, иногда прямостоячий. Междоузлия от укороченных до длинных. Высота растения от 20 до 300 см. Встречаются формы имеющие все формы листьев. Прилистники крупнее листочков. Цветоносы пазушные одно- и многоцветковые. Бобы от мелких (3 – 4 см) до очень крупных (12 – 15 см), с пергаментным слоем (лущильные) или без него, разнообразные по форме. Семена округлые, в основном гладкие, разной крупности.

Горох распространен в умеренной зоне Европы и Азии, а также в Африке (в основном Северной), Северной, Центральной и Южной Америке. Может возделываться на высоте около 4500 м над уровнем моря.

Вид включает шесть подвидов, многие из них являются очень ценными хозяйственными культурами.

## **Биологические особенности.**

Род *Pisum L.* представлен однолетними травянистыми растениями. Корень стержневой, глубоко (до 1,5 м) проникающий в почву.

Стебель округлый, неясно четырехгранный, полый. Длина его в зависимости от сорта и условий произрастания варьирует от 25 до 200 – 300 см. Обычно лежащий, иногда

прямостоячий. Различают стебель простой, когда в его плодущей части цветки и в последующем бобы расположены более или менее равномерно, и фасциированный, в верхней плодущей части плоскорасширенный, узлы у него сближены, цветки и бобы расположены скученно, образуя ложный зонтик. Междоузлия от сильно укороченных до достаточно длинных.

Различают стебель низкий – ниже 50 см (карликовые формы), полукарликовые – 51-80, средней длины – 81-150, высокий – 151-300 см

Соцветие – пазушная кисть, у фасциированных форм – ложный зонтик. Венчик мотылькового типа, состоящий из пяти лепестков: паруса (флага), двух весел (или крыльев) и лодочки, образованной в результате срастания двух лепестков. По месту срастания лепестков образуется вырост, называемый килем. В цветке гороха 10 тычинок, одна из них свободная, но тесно прилегает свободным основанием к завязи, остальные девять – срастаются между собой и образуют пыльцевую трубку.

Цветок - мотылькового типа, состоит из пяти лепестков: паруса двух крыльев и лодочки, образованной в результате срастания двух лепестков. Окраска цветков разнообразная: у сортов зернового и овощного использования – белая, у сортов кормового или сидерационного направления - розовая различной интенсивности, красно-пурпурная, темно-красно-пурпурная или грязно-фиолетовая.

Плод – боб. Бобы плоские или цилиндрические, с тупой или заостренной верхушкой, с пергаментным слоем или без него, от мелких (3 – 4 см) до очень крупных (12 – 15 см). У некоторых форм, кроме надземных бобов, имеются подземные бобы (амфикарпические формы). Семена угловатые, округлые или почти шаровидные, с гладкой поверхностью, с впадинами или глубокоморщинистые (мозговые).

Форма боба разнообразная. Различают боб: прямой с тупой, заостренной или оттянутой верхушкой; слабоизогнутый – с тупой или заостренной верхушкой; изогнутый – с тупой или заостренной верхушкой; саблевидный – с тупой или заостренной верхушкой; серповидный – с заостренной верхушкой; вогнутый – с тупой верхушкой.

Горох – растение умеренного климата. Минимальная температура прорастания 1 – 2 °С, оптимальная – 18 – 25 °С. Всходы большинства сортов могут переносить кратковременные заморозки до 4 – 6 °С.

Нормальная температура для формирования вегетативных органов 12 – 16 °С, для роста бобов и налива семян 16 – 22 °С. При 25 °С рост замедляется, а при температуре выше 35 °С прекращается.

Оптимальной влажностью для гороха считается 80% полной влагоемкости почвы. Критический период в отношении недостатка влаги охватывает фазы от начала закладки генеративных органов до полного цветения. У гороха посевного имеются формы, относительно устойчивые к засухе в течение всего вегетационного периода и лишь в определенных фазах развития.

В целом горох – культура длинного дня, но в пределах вида встречаются формы с разной фотопериодической реакцией, которая тесно связана с спектральным составом света. Преобладание длинноволновых лучей ускоряет развитие растений.

Горох – самоопыляющееся растение, однако строение его цветка свидетельствует об энтомофильном типе опыления в прошлом. Самоопыление, как правило, происходит в закрытом бутоне, время его наступления зависит от особенностей сорта, у средиземноморских и европейских групп оно отмечается в момент, когда пестики венчика уже рас-

прямились и наполовину вышли из-за зубчиков чашечки, у азиатских форм – в более ранний период. Прорастание пыльцы начинается примерно через 15 – 30 мин, а оплодотворение – через 3 – 5 ч после нанесения ее на рыльце пестика.

В условиях жаркой сухой погоды иногда происходит и перекрестное опыление, которое составляет доли процента и лишь в исключительных случаях достигает нескольких процентов. Предполагают, что перекрестное опыление осуществляется в основном с помощью личинок трипсов, хотя не исключают участие пчел и шмелей. Установлено, что рыльце сохраняет жизнеспособность в течение 8 – 10 дней. Однако более высокий процент завязывания семян отмечается при опылении в первые три дня после кастрации.

В зависимости от сорта и условий выращивания (температуры, влажности) цветение у гороха продолжается 3 – 40 дней. Более интенсивно цветут фасцированные формы, вследствие чего коэффициент семенной продуктивности у них очень низок. В пределах растения первыми зацветают цветки нижнего фертильного узла.

## **Генетическая карта хромосом гороха** (по Лампрехту)

### **Формирование листа у гороха**

#### ***Классификация типов листа***

Лист гороха сложный, обычно состоит из черешка, 2-3 пар листочков, за ним следует непарное число усиков (3-5). При помощи усиков, представляющих видоизмененные листочки, горох цепляется за любую опору.

Довольно редко лист гороха не имеет усиков, оканчивается непарным листочком. Такой лист называют непарноперистым, иногда – акациевидным, так как он напоминает лист акации по расположению листочков, или многолисточковым, основываясь на том, что вместо 2-3 пар листочков он имеет 7-15,

Кроме того, лист гороха может быть безлисточковым или усатым. В таком случае лист состоит из черешка, переходящего в многократно-разветвленную главную жилку, заканчивается усиками, листочков не имеет.

В очень редких случаях главная многократно разветвленная жилка листа оканчивается тремя-пятью очень мелкими листочками без усиков. Такой тип листа называют многократно-непарноперистым (в зависимости от степени перистости трижды-, четырежды- или пятикратно-непарно-перистым типом).

1 – обычный; 2 – непарно-перистый (многолисточковый); 3 – усатый (безлисточковый); 4 – многократно-непарноперистый лист.

### ***Гены мутации, контролирующие разные типы листа и их взаимодействие***

Лист у гороха состоит из черешка или оси двух полусердцевидных прилистников, нескольких пар (1-3) листовых пластинок и заканчивается разветвленными усиками. Морфологическое разнообразие признаков листа достаточно велико, поэтому будет уместным рассмотреть элементы листа по отдельности.

#### **Прилистники**

Установлено целый ряд рецессивных генов, изменяющих форму прилистников. Пелью и Свердруп установили наличие гена *st*, суживающего прилистник, который имеет вид узких крыльев. На листовые пластинки он не влияет. Узкие прилистники были обнаружены у мутанта в сорте *Duke of Albany*. Ген *st*

локализован в 111 хромосоме. Лампрехт установил еще один ген *stim*, уменьшающий и изменяющий форму прилистника. Еще более редуцированные ланцетовидные прилистники контролируются рецессивным геном *cotr*, который одновременно уменьшает длину боба. Ген *cotr* еще сильнее уменьшает прилистники у растений генотипа *st st*. Ген *soch*, обуславливающий развитие ложковидных прилистников (в виде округлых листочков на длинных черешках) локализован в V11 хромосоме. Доминантный ген *V* сужает прилистники и листовые пластинки.

#### **Листовые пластинки**

Растения, имеющие дополнительные листовые пластинки вместо усиков, впервые были описаны Вильмореном, который установил рецессивную природу акациевидного листа. Ген *Tl* контролирует развитие листа с усиками, и *tl* – изменяет усики в добавочные листовые пластинки. Мутации акациевидного листа впоследствии были получены Веллензиком под действием нейтронов, Хангильдиным – воздействием рентгеновских лучей, а Макашевой – спонтанно. Все эти мутации, полученные на разном материале, были сходными и только Лам получил видоизмененную форму, у которой добавочные листовые пластинки значительно меньше и прикреплены на удлинённых черешках. Новый признак вел себя как рецессивный по отношению к признакам обычного и акациевидного листа. Лам видоизменил символы *tl* на *tl* и добавил новый символ *tl*. Он также обратил внимание на неполное доминирование гена *Tl* в гетерозиготе с *tl*.

Большинство сортов гороха имеет листья с двумя-тремя парами листовых пластинок, а у видов *P.formosum*, *P.abbyssinicum* и *P.fulvum* – с одной парой.

Розен, изучая гибриды между *P.sativum* и *P.abissinicum*, определил, что различия между признаками одной пары листовых пластинок и двумя-тремя обусловлены одним геном. *Up* – обуславливает развитие 2-3 пар листочков, а *up* – 1 пары. Лампрехт заметил, что *tl*, изменяющий усики в дополнительные листочки, не образует их больше, чем имеется вместе пар листочков и усиков. Не исключено так же, что существуют множественные аллели и дополнительные гены, контролирующие отдельно двух-, трех- и четырехпарное расположение листочков.

Полной противоположностью акациевидной форме является так называемая усатая форма. Впервые такой феномен был обнаружен Соловьевой В.К. как спонтанная мутация в сорте Свобода. При скрещивании той формы с акациевидной в небольшом количестве были получены растения с новым типом сложного листа. Генетическое изучение новых типов листа проводились В.В.Хангильдиным. Признак отсутствия листовых пластинок обусловлен действием рецессивного гена *leaf*, вызывающего также ветвление и развитие усиков. Ген *leaf* сцеплен с геном окраски семядолей – *i* (1 хромосома). Первоначально вычисленный процент перекреста между *leaf* – *i* был определен как 45,8+/- 3,1%. Полученное значение имело предварительный характер, поскольку окраска семядолей в F2 не проверялась по потомству. Между тем известно, что не у всех семян можно безошибочно определить окраску семядолей. Недозрелые семена генотипа *Ii* или *ii* можно классифицировать как

зеленые и, напротив, семена с выцветшим зеленым пигментом генотипа *ii* можно спутать с бело-желтыми.

Рецессивный ген *leaf* блокирует образование листовых пластинок, в результате чего сильнее развиваются усики. Ген *tl* транспортирует усики в дополнительные листовые пластинки. Таким образом, в некотором смысле оба действуют как антогонисты. У растений генотипа *tl leaf* обычно листовые пластинки отсутствуют, а сильно разветвленные усики укорочены и оканчиваются мелкими листовыми пластинками.

Растение с многократнонепарноперистым типом листа.

Новые типы листа ценны в селекции на продуктивность и неполегаемость. Гетерозигота *Tl tl* обуславливает развитие плоских усиков, а гетерозигота *Leaf leaf* несколько стимулирует развитие усиков. В обоих случаях также часто наблюдается асимметрия листа (листовая пластинка – усик) или образование усика на конце листовой пластинки.

Подобно прилистникам, листовые пластинки могут иметь более узкую форму. Несколько рецессивных генов *ten*, *fob*, *fo*, *fol* контролирующие этот признак, действуют

кумулятивно. Сходным эффектом обладает ген *fom*, локализованный в 1 хромосоме. Локализация генов *ten*, *fob*, *fol* не установлена, а *fo* находится в 1V хромосоме.

Ген *red*, уже упоминавшийся, как влияющий на размер цветка, кроме того сильно редуцирует и уменьшает ширину листочков и прилистников. Прилистники в этом случае имеют вид небольших острых ушек. Известна также мутация воронковидности листочков, обусловленная геном *if*. Рецессивный ген *cri* дает лопаткообразные волнистые листья, пергамент на створках бобов полностью отсутствует, а *asre* вызывает ассиметричное развитие парных листовых пластинок. Волнистость листочков обуславливается также действием гена *un*.

Литовые пластинки могут быть цельнокрайными или иметь зазубренный характер. Валлензик установил доминантную природу зазубренной формы листовых пластинок и предложил символы *Td – td*. Лампрехт установил еще один ген *Ser*, вызывающий пильчатость кромки листа, ген *Int*, влияющий на зазубренность листа. Пильчатость листа обусловлена действием генов *Td Ser*, а более глубокие косые вырезы – действием *Td Ser Int*. Листочки с глубоким зубчатым разрезом листьев у *P.fulvum* обусловлены действием гена *Inci*. Формы со ступенчатой кромкой обусловлены определен

ным сочетанием генов зазубренности, а листья с надрезанной верхушкой и нервацией, переходящей часто в усики, - рецессивным геном *ins*.

Однако за исключением гена *Td*, локализация всех генов зазубренности листа не установлена; принадлежность к 1 хромосоме также предположительна.

Существование воздушных прослоек в ткани листочков и прилистников между эпидермисом и палисадной паренхимой контролируется доминантным геном *Fl*. Наличие воздушных прослоек Федотов считает приспособительным признаком против перегрева растения от солнечной радиации.

## **Использование форм гороха с разным типом листа в селекционных программах.**

В использовании гороха как полевой культуры различают три основных направления: продовольственное, зернофуражное, укосное. В связи с этим выделяют и три направления селекции. Однако к сортам всех направлений предъявляют и общие требования: высокая и устойчивая урожайность при хорошем качестве продукции, устойчивость к наиболее распространенным болезням и вредителям, устойчивость к растрескиванию бобов и осыпанию семян.

Однако большинство из хозяйственно-ценных признаков имеют многофакториальную или полигенную природу, обуславливающую возникновение иного характера расщепления гибридов. Поэтому селекционеру, ведущему работу в направлении формирования родоначальных растений новых сортов с несколькими ценными признаками, часто приходится со сцепленным наследованием признаков, ограничивающим получение желаемых комбинаций генов.

Создание форм с новыми сочетаниями признаков представляет определенную ценность в селекции на продуктивность и устойчивость к полеганию. Короткостебельная

форма гороха с фасцированным стеблем получена при ступенчатых скрещиваниях сортов ( Штамбовый мозговой Г-3 × Торсдаг) × Докучаевский. Эта форма отличается повышенной устойчивостью к полеганию, дружным цветением и плодообразованием.

Некоторый интерес представляют формы с акациевидным, усатым и многопарноперистым типами листа. Сорт Усатый 5 был районирован для возделывания на зеленый горошек. Основная ценность его – устойчивость к полеганию. Площадь листовой поверхности таких форм уменьшена, а основным ассимилирующим аппаратом являются прилистники и сильно развитые усики.

Имеются данные о высокой устойчивости к полеганию многократнопарноперистой формы. Наблюдения над гибридным материалом, полученным от скрещивания многократнопарноперистой, усатой и акациевидной

форм с высокопродуктивными скороспелыми показывают, что такие формы проявляют устойчивость к полеганию лишь в присутствии гена *le* (короткие междоузлия с зигзагообразным стеблем).

Если короткостебельные формы с усатым и многократнопарноперистыми листьями будут более устойчивыми к полеганию в условиях производственного посева, то продуктивность их можно повысить за счет создания оптимальной листовой поверхности, что достигается изменением густоты стояния растений.

## Задача.

Окраска глаз у мушки обычно красная. Иногда обнаруживаются разнообразные варианты. Были отобраны чистые линии, которые скрестили между собой

Линия 1 – мушки имели желтые глаза

Линия 2 – мушки имели желтые глаза

Линия 3 – мушки имели коричневые глаза

Линия 4 – мушки имели оранжевые глаза

|         | Линия 1  | Линия 2  | Линия 3  | Линия 4  |
|---------|--|--|--|--|
| Линия 1 | F <sub>1</sub> – желт.<br>F <sub>2</sub> - желт. | F <sub>1</sub> – красн.<br>F <sub>2</sub> -9 красн.<br>7 желт. | F <sub>1</sub> – желт.<br>F <sub>2</sub> - 9 красн.<br>4 желт.<br>3 кор. | F <sub>1</sub> – красн.<br>F <sub>2</sub> - 9 красн.<br>4 желт.<br>3 ор. |
| Линия 2 |  | F <sub>1</sub> – желт.<br>F <sub>2</sub> - желт.               | F <sub>1</sub> – желт.<br>F <sub>2</sub> -9 красн.<br>4 желт.<br>3 кор.  | F <sub>1</sub> – красн.<br>F <sub>2</sub> -9 красн.<br>4 желт.<br>3 ор.  |
| Линия 3 |  |  | F <sub>1</sub> - кор.<br>F <sub>2</sub> - кор.                           | F <sub>1</sub> - красн.<br>F <sub>2</sub> - 9 красн.<br>4 ор.            |

Линия 4

F<sub>1</sub>- ор.F<sub>2</sub> - ор.

Решение:

При внутрилинейном скрещивании не наблюдается расщепление, следовательно, линии гомозиготны.

Признаки не сцеплены с полом, т.к. в F<sub>1</sub> реципроктных скрещиваний во всех вариантах одинаковы – наблюдается единообразие F<sub>1</sub>.

Рассмотрим скрещивания по порядку:

N 1 x N 1

P: AAbbccdd x AAbbccdd

F<sub>1</sub>: AAbbccdd x AAbbccddF<sub>2</sub> : AAbbccdd

N 2 x N1

P: Aabbccdd x aaBBccdd

F<sub>1</sub>: AaBbccdd x AaBbccddF<sub>2</sub> :

|      | ABcd     | Abcd     | aBcd     | abcd     |
|------|----------|----------|----------|----------|
| ABcd | AABBccdd | AABbccdd | AaBBccdd | AaBbccdd |
| Abcd | AABbccdd | AAbbccdd | AaBbccdd | aaBbccdd |
| aBcd | AaBBccdd | AaBbccdd | aaBBccdd | aaBbccdd |
| abcd | AaBbccdd | Aabbccdd | aaBbccdd | aabbccdd |

Наблюдается расщепление по фенотипу: 9 кр.: 7 желт.

N 2 x N 2

P: aaBBccdd x aaBBccdd

F<sub>1</sub>: aaBBccdd x aaBBccddF<sub>2</sub> : aaBBccdd

N 3 x N 1

P: AAbbccdd x aabbCCdd

F<sub>1</sub>: AabbCcdd x AabbCcdd

F<sub>2</sub> :

|      |          |          |          |          |
|------|----------|----------|----------|----------|
|      | AbCd     | Abcd     | abCd     | abcd     |
| AbCd | AAbbCCdd | AAbbCcdd | AabbCCdd | AabbCcdd |
| Abcd | AAbbCcdd | Aabbccdd | AabbCcdd | Aabbccdd |
| abCd | AabbCCdd | AabbCcdd | aabbCCdd | aabbCcdd |
| abcd | AabbCcdd | Aabbccdd | aabbCcdd | aabbccdd |

Наблюдается расщепление: 9 кр.: 4 жел.: 3 кор.

N 3 X N 2

P: aaBBccdd x aabbCCdd

F<sub>1</sub>: aaBbCcdd x aaBbCcdd

F<sub>2</sub> :

|      |          |          |          |          |
|------|----------|----------|----------|----------|
|      | aBCd     | aBcd     | abCd     | abcd     |
| aBCd | aaBBCCdd | aaBBCcdd | aaBbCCdd | aaBbCcdd |
| aBcd | aaBBCcdd | aaBBccdd | aaBbCcdd | aaBbccdd |
| abCd | aaBbCCdd | aaBbCcdd | aabbCCdd | aabbCcdd |
| abcd | aaBbCcdd | aaBbccdd | aabbCcdd | aabbccdd |

Наблюдается расщепление: 9 кр.: 4 жел.: 3 кор.

N 3 x N3

P: aabbCCdd X aabbCCdd

F<sub>1</sub>: aabbCCdd X aabbCCdd

F<sub>2</sub> : aabbCCdd

N 4 x N 1

P: AAbbccdd x aabbccDD

F<sub>1</sub>: AabbccDd x AabbccDd

F<sub>2</sub> :

|      |          |          |          |          |
|------|----------|----------|----------|----------|
|      | AbcD     | Abcd     | abcD     | abcd     |
| AbcD | AAbbccDD | AAbbccDd | AabbccDD | AabbccDd |
| Abcd | AAbbccDd | Aabbccdd | AabbccDd | Aabbccdd |
| abcD | AabbccDD | AabbccDd | aabbccDD | aabbccDd |
| abcd | AabbccDd | Aabbccdd | aabbccDd | aabbccdd |

Наблюдается расщепление: 9 кр.: 4 ор.: 3 жел.

N 4 x N 2

P: aaBBccdd x aabbccDD

F<sub>1</sub>: aaBbccDd x aaBbccDd

F<sub>2</sub> :

|      | aBcD     | aBcd     | abcD     | abcd     |
|------|----------|----------|----------|----------|
| aBcD | aaBBccDD | aaBBccDd | aaBbccDD | aaBbccDd |
| aBcd | aaBBccDd | aaBBccdd | aaBbccDd | aaBbccdd |
| abcD | aaBbccDD | aaBbccDd | aabbccDD | aabbccDd |
| abcd | aaBbccDd | aaBbccdd | aabbccDd | aabbccdd |

Наблюдается расщепление: 9 кр.: 4 жел.: 3 ор.

N 4 x N 3

P: aabbCCdd x aabbccDD

F<sub>1</sub>: aabbCcDd x aabbCcDd

F<sub>2</sub> :

|      | abCD     | abCd     | abcD     | abcd     |
|------|----------|----------|----------|----------|
| abCD | aabbCCDD | aabbCCDd | aabbCcDD | aabbCcDd |
| abCd | aabbCCDd | aabbCCdd | aabbCcDd | aabbCcdd |
| abcD | aabbCcDD | aabbCcDd | aabbccDD | aabbccDd |
| abcd | aabbCcDd | aabbCcdd | aabbccDd | aabbccdd |

Наблюдается расщепление: 9 кр.: 4 ор.: 3 кор.

N 4 x N 4

P: aabbccDD x aabbccDD

F<sub>1</sub>: aabbccDD x aabbccDD

F<sub>2</sub> : aabbccDD

Т.к. при взаимодействии двух доминантных генов появляется новый признак, следовательно, это комлементарное взаимодействие генов.

ответ: генотипы чистых линий следующие:

линия 1 – желт.: A-bbccdd;

линия 2 – желт.:aaB-ccdd;  
линия 3 – кор.:aabbC-dd;  
линия 4 – ор. :aabbccD-;  
красные гляза:A-B-ccdd; aaB-C-dd;  
A-bbC-dd; aaB-ccD-;  
A-bbccD-; aabbC-D-;

## **литература**

- 1. Ю.Б.Коновалов “Частная селекция полевых культур”  
Агропромиздат,1990**
- 2. В.В.Хвостова “ Генетика и селекция гороха”  
“Наука”1975**