

Российский государственный аграрный университет
МСХА имени К. А. Тимирязева

-----o0o-----

Кафедра генетики

КУРСОВАЯ РАБОТА

На тему: Генетический анализ риса

Выполнил студент 307 группы 3 курса
Садового и овощного факультета
Сина Амирсейеди
Работу проверил: Иванова С. В.

Москва 2006

<http://yadyra.ru>

Содержание

Введение	3
Глава 1. Происхождение и систематика риса.....	5
Глава 2. Биологические особенности	8
Требования к температуре.....	8
Требования к влаге.	8
Требования к почве.	9
Требование к питательным элементам.....	9
Фазы вегетации и органы	11
Фаза прорастания.....	11
Фаза всходов	11
Фаза кущения	12
Фаза выхода в трубку.....	12
Фаза выметывания.....	12
Фаза цветения	12
Биология цветения и оплодотворения	12
Фаза созревания	13
Генетика.....	13
I. Рассмотрим расщепление в F_2 по одному признаку.....	17
II. Рассмотрим расщепление в F_2 по двум признаку	20
III. Рассчитать частоту перекреста (rf)	24
Заключение.....	33
Список литературы	34

Введение

Рис - важнейшая сельскохозяйственная культура, которая занимает одно из первых мест в обеспечении населения Земли продовольствием. Его возделывают более чем в 100 странах на площади 145 млн. га. Зерном риса питается более половины человечества. Ежегодный сбор риса составляет более 400 млн. т.

Для большей части населения земного шара, особенно для жителей тропических стран, рис - главная пища, в то время как пшеница служит основным продуктом питания для населения стран с умеренным климатом. Объясняется это, прежде всего тем, что рис - растение муссонного климата и по своей природе он наиболее приспособлен к произрастанию при обильно выпадающих осадках.

Кроме того, рис служит лучшим средством против распространенных в этих странах желудочных заболеваний. Рисовый отвар издавна известен как лекарственное средство. Крупа риса содержит 88 - 90 % крахмала, около 0,5 % жира. Коэффициент усвояемости рисовой крупы выше, чем у других круп, и составляет 95 - 97 %. В зерне риса содержится 6 - 7 % белка, в котором около 3,9 % лизина. Белок характеризуется хорошей переваримостью.

Рисовые отруби содержат 10 - 13,7 % белка и до 14 % жира. Отруби риса отличаются высоким содержанием фосфорных соединений, среди которых особую ценность представляют органо-фосфорные вещества - фитин, лецитин и другие, очень нужные для питания молодняка животных. Кроме того, отруби богаты витаминами (В₁, В₂, Р, РР) и жиром. Из них экстрагируют высококачественное пищевое и техническое масло. Оно отличается высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот и обладает ценными лечебными свойствами. Рисовое масло особенно рекомендуется для людей, страдающих сердечными заболеваниями и гипертонией. Благодаря антикоррозийным свойствам его используют для приготовления краски, идущей на покрытие

металлических корпусов морских судов. Выход масла из отрубей превышает 10%.

Сечка и лом, получающиеся при переработке риса, используются для выработки спирта, особых сортов водки, пива и крахмала, который употребляется в медицине, и для выработки рисовой пудры.

Рисовую солому силосуют в смеси с зеленой массой гороха или люцерны. Компостированную солому риса широко используют в странах Азии для выращивания грибов *Volvaria diplasia*, играющего существенную роль в питании населения. Кроме того, из нее изготавливают шляпы, предметы домашнего обихода, вырабатывают бумагу и строительный картон.

Рис - наиболее продуктивная культура из всех зерновых. Потенциальная урожайность его более 10т/га.

Основные площади под рисом сосредоточены в странах Азии (90%). В России рис возделывают в Краснодарском, Ставропольском, Приморском краях, в Волгоградской, Астраханской и Ростовской областях.

Глава 1. Происхождение и систематика риса

Рис относится к семейству злаков (*Gramineae*), трибе рисовых (*Oryzeae*), роду *Oryza* L. Представители этой трибы имеют одноцветковые колоски, зерновка у них свободная, с маленьким зародышем, крахмальные зерна сложные. Хромосомы маленькие, число их кратно 12. Первый зеленый лист без пластинки.

Род *Oryza* L к 1930г. Включал около 70 видов, однако в дальнейшем из них были исключены синонимы, и число видов уменьшилось до 20. Р. Ю. Рожевиц (1931) распределил их по характеру колосковых и цветковых чешуи по четырем секциям: 1) *sativa* Roshev.; 2) *granulata* Roshev.; 3) *coarctata* Roshev.; 4) *rhynchoriza* Roshev.

Первая секция - *sativa* - включает в себя наибольшее число видов, охватывающих весь ареал рода *Oryza* L. Преобладающее количество их – однолетние растения. Представители второй секции - *granulata* - встречаются только на юго-востоке Азии, все - многолетники. Виды, относящиеся к секции *coarctata*, распространены на огромной территории: в Индокитае, Новой Гвинее и в Северной Австралии.

К секции *rhynchoriza* отнесен только один вид, совершенно обособленный от всех других видов риса. В последующем видовой состав неоднократно изменялся и пополнялся новыми видами, в настоящее время этот род насчитывает 28 видов.

До настоящего времени видовой состав рода *Oryza* L. все еще пересматривается, вследствие чего приведенный перечень видов нельзя считать окончательным. Новые исследования, несомненно, позволят выявить другие родственные виды (Chiferri, 1963).

На международном симпозиуме по генетике и цитогенетике риса в 1963г. были установлены следующие виды рода *Oryza*: *O. sativa* L.; *O. glaberrima* Steud.; *O. breviligulata* Chev. et Roehr.; *O. australiensis* Domin.; *O. schlechteri* Pilg.; *O. coarctata* Roxb.; *O. officinalis* Wall ex Watt.; *O. minuta*

Presl.; *O. eichingeri* Peter; *O. punctata* Kotschy.; *O. latifolia* Desv.; *O. ridleyi* Hook; *O. alta* Swallen.; *O. brachyantha* Chev. et Roehr.; *O. angustifolia* Hubbard.; *O. perrieri* Camus; *O. tisseranti* Chev.; *O. longiglunis* Jansen; *O. meyeriana* Baill.

В 1964г. и позже в классификацию риса добавлены новые виды, а некоторые устранены (Russo, 1967).

Из этих видов риса один- *O. sativa* L.- возделывают всюду в странах Юго-Восточной Азии, Дальнего Востока, Европы, Африки, Америки и Австралии. Это однолетнее растение с прямостоячим стеблем, хорошо кустящееся, иногда с ветвящимся стеблем.

Другой возделываемый вид - *O. glaberrima* Steud.- тоже однолетнее растение, отличающееся голыми колосками, гладкой осью метелки и отсутствием остей. Впрочем, Porteres нашел остистые и опушенные формы и у этого вида. Зерновки в основном белые, но есть и красно-коричневые.

В Западной Африке (Гвинея) встречаются дикорастущие заросли этого риса, в этой же зоне его возделывают наряду с *O. sativa*. Все другие виды риса дикие, хотя зерно многих из них используется местным населением в пищу.

В состав рода *O. sativa* L. входят многочисленные разновидности и большое разнообразие сортов риса. По форме колоска все они разделены на три подвида: *O. sativa* L. subsp. *brevis* - рис короткозерный; *O. sativa* L. subsp. *indica* - индийский, *O. sativa* L. subsp. *Sino-japonica* - китайско-японский. Первый подвид *brevis* имеет короткую зерновку - не свыше 4мм, распространен на юго-востоке Азии, в России не встречается.

Подвид *indica* характеризуется длинными, тонкими и узкими зерновками, у которых отношение длины к ширине составляет 3:1 и более. Сорта, относящиеся к этому подвиду, распространены преимущественно в тропиках, они безостые или имеют слаборазвитые ости. Опушение цветковых чешуи слабое. Листья широкие, верхний лист (флаг) с соломиной образует острый угол.

Подвид *sino-japonica* включает основную массу сортов риса, распространенных в России. Зерновки у сортов, относящихся к этому подвиду, округлые, широкие и толстые. Отношение их длины к ширине колеблется от 1,5: 1 до 2,9: 1. Колоски с остями или без них, цветковые чешуи большей частью опушены. Листовые пластинки сравнительно узкие, окраска их более темная. Со стеблем верхний лист (флаг) образует прямой угол.

В формировании *O. sativa* L. принимали участие такие виды, как *O. fatua* Koenig (Рожевиц, 1931) и *O. perennis* Moench. (Sampath and Narasinga, 1951). Эти виды дикорастущие, они распространены в Юго-Восточной Азии, Африке, Америке и имеют такое же количество хромосом, как и *O. sativa*. Они мало отличаются от последнего и по другим признакам, за исключением осыпаемости.

В настоящее время он включает 28 видов. Большинство из них - дикие обитатели увлажненных и периодически затопляемых мест, болот и озер. Почти все они - однолетние растения.

В культуру введены только два вида: *O. sativa* L. (во всех частях света) и *O. glaberrima* Steud. (только в Африке).

Подвиды *O. sativa* делят на разновидности, их более 300. Они различаются по наличию и окраске остей, плода и цветковых чешуй. *O. glaberrima* включает два подвида: *subsp. indicoides* и *subsp. japonicoides*. Известный генетик Т. Т. Чанг считает, что оба культурных вида *O. sativa* и *O. glaberrima* произошли от одного дикого предка.

Предполагают, что *O. sativa* был введен человеком в культуру 7 тыс. лет тому назад. Место возникновения культуры риса точно не установлено. По мнению Н. И. Вавилова, родина риса - Индия. Есть и другая точка зрения. На основании археологических данных и биологических особенностей выращиваемых форм профессор Т. Оатабе полагает, что центр происхождения культурного риса охватывает широкий район Китая (Атхам - Ваанам).

Глава 2. Биологические особенности

Требования к температуре. Рис очень теплолюбив. Семена прорастают при температуре 11 – 12°C, жизнеспособные всходы появляются при 14 - 15°C. Минимальные температуры в фазе кущения 15 - 18°C, цветения – 18 – 20°C, начале созревания зерна – 19 – 25 °C. Оптимальная температура для роста растений 25 - 30°C, а максимальная - 40 °C. Низкие температуры сильно тормозят рост и развитие риса. При температуре ниже 17 – 18°C он недозревает. Заморозки 0,5°C уже опасны для него, а в 1°C губительны. Сумма эффективных температур за период вегетации у различных по скороспелости сортов колеблется от 2200 °C до 3200 °C

Требования к влаге. Рис по своей экологической природе гигрофит. Он выдерживает длительное затопление слоем воды 10 - 15см. Недостаток воды в период начального развития всходов (10 дней), перед цветением, во время цветения (примерно 25 дней) и при наливе зерна (5 - 6 дней) особенно сильно сказывается на формировании урожая. Потребление воды рисом определяется не только периодом органогенеза, но и погодными условиями, режимом влажности почвы, сортовыми особенностями. Количество воды, расходуемое рисом в течение вегетации, возрастает от появления всходов до выметывания, достигает максимума в фазе цветения, а затем снижается. Коэффициент транспирации увеличивается от 200 – 300 в фазе всходов до 1000 – 1200 в фазе цветения. На тяжелых почвах и у позднеспелых сортов коэффициент транспирации возрастает.

Оптимальные условия водного режима - отсутствие слоя воды в период прорастания семян и созревания и обязательное затопление в остальные периоды вегетации. При затоплении на потребление питательных элементов рис расходует в 3 раза меньше энергии, чем при увлажненной почве. Во время созревания, когда поступление питательных элементов в растения прекращается, рис не нуждается в затоплении. В тропиках Юго-Восточной

Азии общее количество воды, необходимое для нормальной вегетации риса, составляет 1200 - 1800мм, в субтропиках - от 600 - 1200 (Япония) до 1200 - 1500мм (США). Значительная часть этого количества (до 40%) восполняется за счет выпадающих осадков. Согласно исследованиям индийских ученых, при продолжительности вегетации 150 дней для риса требуется 1875мм воды, в том числе на выращивание рассады - 625, от пересадки до цветения - 1000, от цветения до уборки - 250мм.

Рис относится к растениям короткого дня (9 - 12 ч солнечного освещения), но раннеспелые сорта слабо реагируют на длину дня. Он требователен к интенсивной инсоляции. Рассеянный свет вызывает неполное созревание этой культуры.

Требования к почве. Главное требование к почвам – высокое содержание органических веществ и хорошая водоудерживающая способность, поэтому лучшими для риса являются наносные почвы речных долин, связные, тяжелые, глинистые, хорошо удерживающие воду, с высоким содержанием органического вещества. Непригодны для его возделывания сильно заболоченные, а также легкие песчаные почвы. Он хорошо выносит средnezасоленные почвы.

При исходном засолении 2,5 - 3% массы сухой почвы и содержании хлора более 0,3% рис совсем не растет. Оптимальная реакция почвенной среды для него слабокислая - pH 5 – 6,6, но он мирится и с более кислой реакцией, так как при затоплении активная кислотность почвы падает.

По исследованиям Б. А. Неунылова, зерновки риса прорастают при значительно меньших количествах кислорода, чем семена других злаков. После появления всходов корни риса снабжаются кислородом из атмосферы с помощью хорошо развитых воздухоносных тканей.

Требование к питательным элементам. Интенсивный рост и достаточно высокая продуктивность риса возможны только при оптимальной обеспеченности основными питательными элементами. Характерная особенность этой культуры - сравнительно невысокий вынос азота, фосфора и

калия из почвы, что связано с биохимическими процессами синтеза в зерне, и в частности с небольшим содержанием в нем белка. Потребление питательных элементов рисом определяется многочисленными факторами, среди которых важную роль играют различия в требованиях растений к специфическим условиям затопления в вегетативный и генеративный периоды.

Азот - основной регулятор продуктивности риса. Он входит в состав всех его белковых и многих небелковых компонентов. В районах рисосеяния отмечена положительная реакция растений на внесение азота, который необходим для них в течение всей вегетации. Скорость поглощения азота возрастает сразу после пересадки, достигая максимума через 25 дней после нее, а затем постепенно снижается, оставаясь, однако, на высоком уровне до конца вегетации. В затопленной почве различают поверхностный (0,5 – 1 см) окислительный, а под ним - восстановительный слой. Рис поглощает азот в виде ионов NH_4^+ и NO_3^- . Аммонийная форма азота в условиях затопления более эффективна, чем нитратная, поскольку дольше сохраняется в затопленной почве. Нитратный азот в этих условиях, а процессе денитрификации восстанавливается до газообразного состояния и улетучивается из почвы. Наиболее эффективно внесение азота в начале вегетации риса - на третьем этапе органогенеза (пятый-шестой лист). Потребление растениями NH_4^+ и NO_3^- происходит под влиянием энергии, освобождающейся в анаэробной и аэробной фазах дыхания. Поэтому в процессах усвоения азота велика роль фосфора.

Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот и производных адениловой кислоты, без которых невозможен синтез органических веществ. Недостаток фосфора, особенно в молодом возрасте растений, отрицательно сказывается на развитии риса, прежде всего корней, и приводит к нарушению белкового обмена, в связи, с чем очень эффективны ранние подкормки фосфором. Однако следует учитывать, что в условиях затопления рис обеспечивается фосфором почвы, так как при пониженном содержании кислорода этот питательный

элемент переходит в легкоусвояемые для растений формы. Поэтому внесение фосфорных удобрений не всегда эффективно, особенно в тропиках.

Из всех питательных элементов рис больше всего выносит из почвы *калия*. Калий присутствует в растении в водорастворимой форме и концентрируется в тех органах растений, где наиболее сильно протекает обмен веществ. Калий принимает активное участие в превращении углеводов, и недостаток его отрицательно сказывается на накоплении растениями сухого вещества. Рис использует калий до конца вегетации, особенно много - в фазе выхода в трубку.

Кроме азота, фосфора и калия, рис потребляет серу, железо, медь, цинк, марганец, молибден. Все они входят в состав ферментов, играющих важную роль в жизни рисового растения.

Фазы вегетации и органы

У риса различают семь фенологических фаз: прорастание, всходы, кущение, выход в трубку, выметывание, цветение и созревание.

Фаза прорастания охватывает ту часть вегетации, в которой разрастается зародыш. Это происходит следующим образом: вначале семена набухают, всасывая воду в количестве 22 – 28% от своего веса, что достаточно для роста почечки и первичного корешка. Затем появляются coleoptиль, за ним зеленый лист без пластинки и, наконец, зеленый лист с пластинкой. На протяжении прорастания зародыш превращается в молодое растение, называемое всходом.

Фаза всходов составляет ту часть вегетации, в которой появляются зеленые листья с пластинкой до трех у скороспелых сортов и до четырех у сортов среднеспелых. Благодаря этим листовым листьям молодое растение переходит к самостоятельной деятельности, так как к этому времени запасные вещества в зерновке истощаются. Надземные органы растения к концу фазы состоят из 3 – 4 влагалищ, образующих ложный стебель, и 3 – 4 листовых

пластинок. При глубоком затоплении первый лист часто отмирает к моменту появления четвертого листа.

Фаза кущения. Процесс кущения зависит от условий произрастания и в первую очередь от количества азотных удобрений, внесенных под рис. Приостанавливается кущение, когда конус нарастания главного побега начинает дифференцироваться.

Фаза выхода в трубку возникает в момент дифференциации конуса нарастания, что бывает при появлении 8 – 9-го листьев. Заканчивается она через неделю после выхода последнего листа. На протяжении этой фазы интенсивно разрастаются метелка и верхние междоузлия соломины, одновременно с этим выносятся из узла кущения верхние 3 – 4 листа.

Фаза выметывания. Из влагалища верхнего листа появляется соцветие.

Фаза цветения наступает в момент выхода верхних колосков метелки из влагалища последнего листа. Заканчивается фаза цветением нижней части метелки. К этому времени в верхних колосках наступает период молочной спелости.

Биология цветения и оплодотворения. В пределах вида *O. sativa* L. имеются сорта с открытым и закрытым типами цветения. Рис – самоопыляющееся растение, перекрестное опыление не превышает 1 – 2 %. В России большинство сортов цветет открыто. Закрытое цветение наблюдается только при неблагоприятных условиях. В условиях Кубани при температуре 22 – 23°C цветение растений начинается в 9 – 10ч утра. При понижении температуры до 19 – 20°C оно отодвигается на более жаркие часы дня. Большинство цветков остаются открытыми до 14 – 15 ч. Метелка цветет 7 – 8 дней, наиболее интенсивное раскрытие цветков на ней наблюдается на 2 – 3-й день от начала цветения.

Цветок раскрывается, когда тычинки выдвинуты до половины и более длины цветковых чешуй. Опыление цветка происходит в момент его раскрытия (в течение 1 – 3 мин), пыльники лопаются и пыльца попадает на рыльце. Наружу пыльники выходят почти пустые. Цветки остаются

открытыми от 45 мин до 2,5 ч. Дифференциация зародыша начинается на 5 - 7-й день и завершается на 11 – 12-й день. Однако размеры и масса зародыша достигают конечной величины только на 27-й день после оплодотворения.

Фаза созревания следует за фазой цветения, она начинается молочной спелостью верхушечных колосков, а заканчивается полной спелостью колосков основания метелки. Созревание происходит в той же последовательности, в какой идет цветение. Второй период спелости называется хрящеватым, третий - мучнистым и четвертый - полным. Хрящеватую и мучнистую спелость часто объединяют под названием восковой (Скрипчинский, 1947). По мере налива зерна прямостоячая метелка большинства наших сортов поникает, что является одним из признаков распознавания периодов спелости.

Генетика

Род *Oryza* включает виды с числом хромосом $2n = 24$ и $2n = 48$. Основное число (x) равно 12. У культурных видов *O. sativa* и *O. glaberrima* $2n = 24$. Описаны кариотипы большинства видов риса. Все хромосомы *O. sativa* изучены довольно детально.

Установлены геномы видов рода *Oryza*: геном *AA* — *O. perennis*, *O. sativa*; *A^sA^s* — *O. glaberrima*, *O. breviligulata*, *O. starfii*; *CC* — *O. officinalis*; *BBCC* — *O. minuta*, *O. eichingerii*; *CCDD* — *O. latifolia*, *O. alta*, *O. paraguayensis*; *EE* — *O. australiensis*; *FF* — *O. brachyantha*.

В настоящее время у риса открыто и описано 450 генов и их аллелей, которые определяют проявление более 50 признаков. Многие признаки контролируются полигенными системами. Все и шестые и описанные гены систематизированы или разделены Т. Т. Чапгом и В. А. Дзюбой по характеру генетического и фенотипического проявления на 11 групп. Для селекции представляет интерес вполне определенная группа генов, ответственных за проявление наиболее важных хозяйственно ценных признаков (табл.).

Наследование морфологических, физиологических и биохимических признаков риса

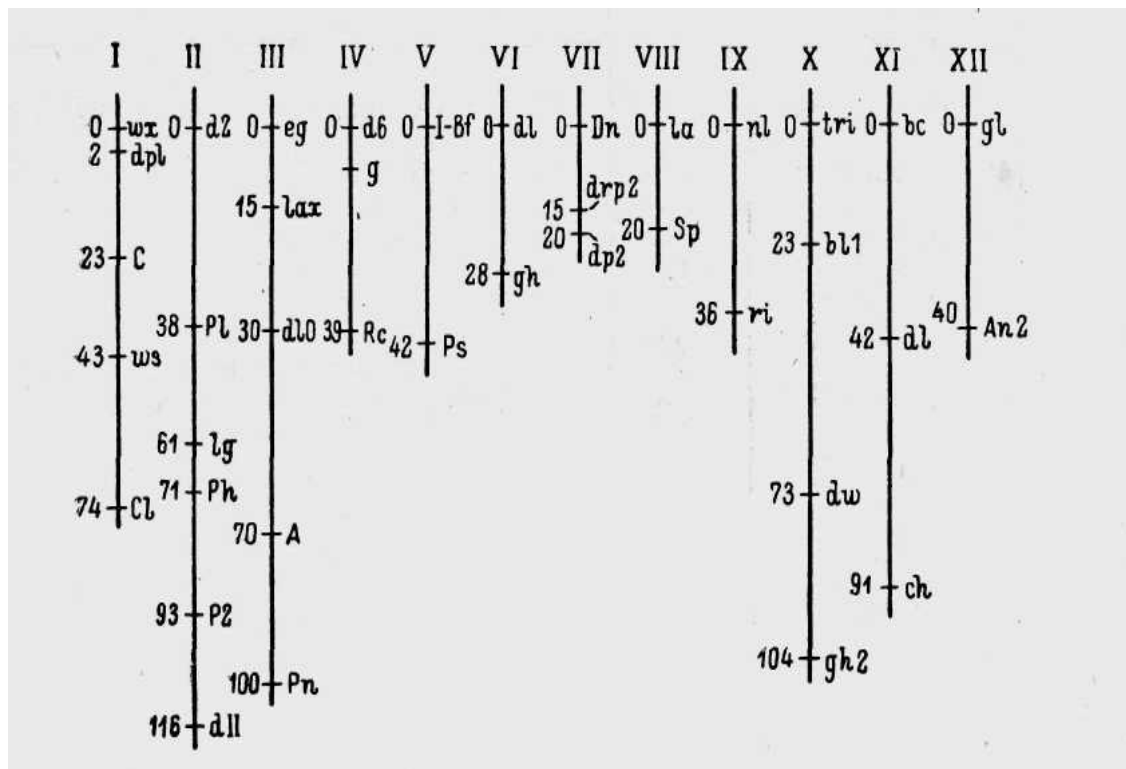
Признак	Проявление признака		Символы генов
	доминантное	рецессивное	
Чувствительность к фотопериоду	Наличие	Отсутствие	Se - se
Стебель: высота	Высокий	Карликовый	<i>T—t, Dw—dw, Sm—sm, D—d(1-8), Md—md</i>
Стебель: прочность	Прочный	Ломкий	<i>Be—be, D₅—d₅</i>
Стебель: склонность к полеганию	Полегающий	Прямостоячий	<i>Ld—ld, Er—er</i>
Лигула (язычок)	Наличие	Отсутствие	<i>Lg—lg</i>
Кустистость	Низкая	Высокая	<i>Ti - ti</i>
Опушение цветковых чешуй, листьев и влагалища	Наличие	Отсутствие	<i>Lh—lh</i>
Метелка: строение	Рыхлая	Плотная	<i>Dn—dn, Lp—lp, Lx—lx</i>
Остистость-безостость	Остистость	Безостость	<i>Anl—anl, An2—an2, An3—an3</i>
Осыпание колосков	Наличие	Отсутствие	<i>Shl—shl, Sh2—sh2</i>
Зерновка: форма	Округлая	Удлиненная	<i>Lk—lk</i>
Колосковые чешуи	Редуцированные	Удлиненные	<i>G—g</i>
Перикарп: окраска	Окрашенный	Неокрашенный	<i>Pzp—pzp</i> (розовый), <i>Rc—rc</i> , (коричневый), <i>Rd—rd</i> (красный), гены-ингибиторы <i>I-Prp; I-Rc; I-Rd</i>
Содержание белка	Низкое	Высокое	<i>Hp—hp</i>
Содержание амилозы	Высокое	Низкое	<i>Ae—ae</i>
Эндосперм	Стекловидный	Мучнистый	<i>Wx—wx</i>
Мужская стерильность	Отсутствие	Наличие	<i>Ms—ms</i>

Продолжительность периода вегетации контролируется четырьмя - шестью аллелями гена *Ef*, время наступления фазы цветения - геном *F1*, который влияет на развитие риса в период от залива растений до их созревания, а также геном *Se*, ответственным за чувствительность к фотопериоду. Установлено, что у сортов с периодом вегетации 100 - 110 дней в генотипе присутствуют четыре доминантных аллеля гена *Ef*, 115 - 120 дней - пять аллелей, а у позднеспелых сортов (125 дней) - шесть аллелей (*Ef1-Ef6*). В большинстве случаев наблюдается неполное доминирование короткого периода вегетации.

Устойчивость к пирикулярриозу контролируется генами *Pi1*, *Pi2*, *Pi3*, обладающими разной степенью доминантности. Устойчивость к бактериальному ожогу (эта болезнь распространена в тропических районах Азии) обусловлена присутствием в генотипе рецессивных (*xa-к*, *xa5*, *xa8*) и доминантных (*Xa1*, *Xa2*) генов.

В селекционной практике широко используется генная мужская стерильность. Проявление этого признака контролирует рецессивный ген *ms*.

У риса установлено 12 групп сцепления и составлена его генетическая карта (рис.)



2. Наличие лигулы и ушек.

В F_1 наблюдалось единообразие потомства, а в F_2 произошло расщепление:

$$\frac{\text{присутствие лигулы и ушек}}{\text{отсутствие лигулы и ушек}} = \frac{460+106+155+33}{102+80+34+30} = \frac{754}{246} = \frac{3}{1}$$

расщепление соответствует второму закону Менделя (3:1), и присутствие лигулы и ушек является доминантным признаком, который определяется геном В, а отсутствие лигулы и ушек – рецессивным, который определяется геном b.

генотипы родителей - ВВ и bb, F_1 – Bb

Схема скрещивания:

Р: $ВВ \times bb$
 (присутствие лигулы и ушек) (отсутствие лигулы и ушек)
 $\downarrow$
 F_1 : Bb (100% присутствие лигулы и ушек)
 F_2 : генотипы 1ВВ : 2Вb : 1bb
 фенотипы 3 наличие лигулы и ушек : 1 отсутствие лигулы и ушек

Доказать с помощью χ^2 :

Фенотипический класс		Фактически полученное (p)	Теоретически ожидаемое (q)	Отклонение d ,(p-q)	d ²	d ² /q
присутствие лигулы и ушек	3	754	750	4	16	0.021
отсутствие лигулы и ушек	1	246	250	-4	16	0.064
Σ	4	1000	1000			0.085

$$\Sigma \chi^2(\text{факт.}) = 0,085, \text{ при } P = 0,05, df = 1, \chi^2(\text{теор.}) = 3,84$$

$$\chi^2(\text{факт.}) = 0,085 < \chi^2(\text{теор.}) = 3,84 \Rightarrow \text{расщепление соответствует закону 3:1.}$$

3. Цвет верхушки цветковых чешуй

В F₁ наблюдалось единообразие потомства, а в F₂ произошло расщепление:

$$\frac{\text{пурпурные верхушки}}{\text{белые верхушки}} = \frac{460+102+155+34}{106+80+33+30} = \frac{751}{249} = \frac{3}{1}$$

расщепление соответствует второму закону Менделя, и пурпурные верхушки являются доминантным признаком, который определяется геном D, а белые верхушки – рецессивным, который определяется геном d.

генотипы родителей - DD и dd, F₁ – Dd

Схема скрещивания:

P: DD × dd
 (пурпурные верхушки) (белые верхушки)
 ↓
 F₁: Dd (100% пурпурные верхушки)
 F₂: генотипы 1DD : 2Dd : 1dd
 фенотипы 3 пурпурные верхушки : 1 белые верхушки

Доказать с помощью χ^2 :

Фенотипический класс		Фактически полученное (p)	Теоретически ожидаемое (q)	Отклонение d, (p-q)	d ²	d ² /q
пурпурные верхушки	3	751	750	1	1	0,001
белые верхушки	1	249	250	-1	1	0,004
Σ	4	1000	1000			0,005

$$\Sigma \chi^2(\text{факт.}) = 0,005, \text{ при } P = 0,05, df = 1, \chi^2(\text{теор.}) = 3,84$$

$$\chi^2(\text{факт.}) = 0,005 < \chi^2(\text{теор.}) = 3,84 \Rightarrow \text{расщепление соответствует закону 3:1.}$$

II. Рассмотрим расщепление в F₂ по двум признаку

1. Высота растений и наличие лигулы и ушек

В F₂ полученное расщепление:

Нормальный рост, присутствие лигулы и ушек: $460 + 106 = 566 \approx 9$

Нормальный рост, отсутствие лигулы и ушек: $102 + 80 = 182 \approx 3$

Карликовый рост, присутствие лигулы и ушек: $155 + 33 = 188 \approx 3$

Карликовый рост, отсутствие лигулы и ушек: $34 + 30 = 64 \approx 1$

Видно, что расщепление в F₂ соответствует третьему закону Менделя (9:3:3:1)

С помощью χ^2 мы проверяем расщепление в F₂

Фенотипический класс		Фактически полученное (p)	Теоретически ожидаемое (q)	Отклонение d, (p-q)	d ²	d ² /q
Нормальный рост, присутствие лигулы и ушек	9	566	563	3	9	0,016
Нормальный рост, отсутствие лигулы и ушек	3	182	187	-5	25	0,134
Карликовый рост, присутствие лигулы и ушек	3	188	188	0	0	0
Карликовый рост, отсутствие лигулы и ушек	1	64	32	2	4	0,065
Σ	16	1000	1000			0,215

$$\Sigma \chi^2(\text{факт.}) = 0,215, \text{ при } P = 0,05, df = 3, \chi^2(\text{теор.}) = 7,81$$

$\chi^2(\text{факт.}) = 0,215 < \chi^2(\text{теор.}) = 7,81, \Rightarrow$ расщепление соответствует третьему закону Менделя (9:3:3:1) $\Rightarrow$ признаки высота растений и наличие лигулы и ушек комбинируют свободно. Генотип F₁ AaBb

Схема скрещивания:

P:

$AABB \times aabb$

(Норм. рост, присутствие лигулы и ушек)

(Карл. рост, отсутствие лигулы и ушек)

↓

F₁:

$AaBb$ (100% Норм. рост, присутствие лигулы и ушек)

F₂: Составим решетку Пеннета

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Фенотипы и генотипы F₂

Нормальный рост, присутствие лигулы и ушек: A-B- = 9

Нормальный рост, отсутствие лигулы и ушек: A-bb = 3

Карликовый рост, присутствие лигулы и ушек: aaB- = 3

Карликовый рост, отсутствие лигулы и ушек: aabb = 1

2. Высота растений и цвет верхушки цветковых чешуй

В F₂ полученное расщепление:

Нормальный рост, пурпурные верхушки: 460 + 102 = 562 ≈ 9

Нормальный рост, белые верхушки: 106 + 80 = 186 ≈ 3

Карликовый рост, пурпурные верхушки: 155 + 34 = 189 ≈ 3

Карликовый рост, белые верхушки: 33 + 30 = 63 ≈ 1

Видно, что расщепление в F₂ соответствует третьему закону Менделя(9:3:3:1)

С помощью χ^2 мы проверяем расщепление в F₂

Фенотипический класс		Фактически полученное (p)	Теоретически ожидаемое (q)	Отклонение d, (p-q)	d ²	d ² /q
Нормальный рост, пурпурные верхушки	9	562	563	-1	1	0,0018
Нормальный рост, белые верхушки	3	186	187	-1	1	0,0053
Карликовый рост, пурпурные верхушки	3	189	188	1	1	0,0053
Карликовый рост, белые верхушки	1	63	32	1	1	0,016
Σ	16	1000	1000			0,0284

$\Sigma \chi^2(\text{факт.}) = 0,0284$, при $P = 0,05$, $df = 3$, $\chi^2(\text{теор.}) = 7,81$.

$\chi^2(\text{факт.}) = 0,0284 < \chi^2(\text{теор.}) = 7,81 \Rightarrow$ расщепление соответствует третьему закону Менделя(9:3:3:1).

$\Rightarrow$ признаки высота растений и наличие лигулы и ушек комбинируют свободно. Генотип F₁ AaDd

Схема скрещивания:

P:

AADD $\times$ aadd

(Норм. рост, пурпурные верхушки)

(Карл. рост, белые верхушки)

↓

F₁:

AaDd (100% Норм. рост, пурпурные верхушки)

F₂: Составим решетку Пеннета

	AD	Ad	aD	ad
AD	AADD	AADd	AaDD	AaDd
Ad	AADd	AAdd	AaDd	Aadd
aD	AaDD	AaDd	aaDD	aaDd
ad	AaDd	Aadd	aaDd	aadd

Фенотипы и генотипы F_2

Нормальный рост, пурпурные верхушки: $A-D- = 9$

Нормальный рост, белые верхушки: $A-dd = 3$

Карликовый рост, пурпурные верхушки: $aaD- = 3$

Карликовый рост, белые верхушки: $aadd = 1$

3. Наличие лигулы и ушек и цвет верхушки цветковых чешуй

В F_2 полученное расщепление:

Присутствие лигулы и ушек, пурпурные верхушки: $460 + 155 = 615$

Присутствие лигулы и ушек, белые верхушки: $106 + 33 = 139$

Отсутствие лигулы и ушек, пурпурные верхушки: $102 + 34 = 136$

Отсутствие лигулы и ушек, белые верхушки: $80 + 30 = 110$

Видно, что расщепление в F_2 не соответствует третьему закону Менделя (9:3:3:1)

С помощью χ^2 мы проверяем расщепление в F_2

Фенотипический класс		Фактически полученное (p)	Теоретически ожидаемое (q)	Отклонение d , (p-q)	d ²	d ² /q
Присутствие лигулы и ушек, пурпурные верхушки	9	615	563	52	2704	4,803
Присутствие лигулы и ушек, белые верхушки	3	139	187	-48	2304	12,321
Отсутствие лигулы и ушек, пурпурные верхушки	3	136	188	-52	1704	14,383
Отсутствие лигулы и ушек, белые верхушки	1	110	32	48	2304	37,161
Σ	16	1000	1000			68,668

$\sum \chi^2(\text{факт.}) = 68,668$, при $P = 0,05$, $df = 7$, $\chi^2(\text{теор.}) = 14,07$

$\chi^2(\text{факт.}) = 68,668 > \chi^2(\text{теор.}) = 14,07 \Rightarrow$ расщепление не соответствует третьему закону Менделя(9:3:3:1).

$\Rightarrow$ признаки наличие лигулы и ушек и цвет верхушки цветковых чешуй не комбинируют свободно. они сцеплены.

$\Rightarrow$ Генотип F1 $\frac{BD}{bd}$

III. Рассчитать частоту перекреста (rf)

Как мы сказали выше, признаки наличие лигулы и ушек и цвет верхушки цветковых чешуй сцеплены $\Rightarrow$ между генами B(b) и D(d) происходит перекрест. Частоту перекреста можно рассчитать по двум методам:

1. Метод произведений

Это метод предложен Фишером и Бальмакундом(1928) и в дальнейшем разработан Иммером(1930). Его применение возможно только при наличии в расщеплении четырех классов. Численность этих классов обозначает буквами: AB – a; Ab – b; aB – c; ab – d.

И находят отношение произведений численностей кроссоверных и некроссоверных классов: в «притяжении» - bc/ad , в «отталкивании» - ad/bc .

В этом случае, у родителей (F1) гены были в цис-положении, поэтому произведя соответствующие расчеты, мы имеем $(139*136)/(615*110) = 0,2794$

Сопоставляем с таблицей Иммера $\Rightarrow rf = 0,33$ (33%). Ошибка rf определяется по той же таблице на строчке $rf = 0,33$; $0,4022/\sqrt{1000} = 0,0127$ (1,27%)

$\Rightarrow rf = 33\% \pm 1,27\%$

2. Метод извлечения корня

Доля двойных рецессивов $p = 110/1000 = 0,11$, $\Rightarrow$ частота гамет соответствующего типа равна $\sqrt{p} = \sqrt{0,11} = 0,332$ (33,2%), в таком же количестве образуется и другие некроссоверные гаметы BD, на кроссоверные остается $100 - 2*33,2 = 33,6\%$, следовательно, $rf = 33,6\%$

$\Rightarrow$ частота гамет Bd = $33,6/2 = 16,8\%$, bD = 16,8%

=> Схема скрещивания при $rf = 33\%$

P: $\frac{BD}{BD} \times \frac{bd}{bd}$

(Наличие лигулы и ушек, пурпурные верхушки)

Отсутствие лигулы и ушек, белые верхушки)



F₁: $\frac{BD}{bd}$ (100% Наличие лигулы и ушек, пурпурные верхушки)

Гаметы F₁: 33.5% BD; 16.5% Bd; 16.5%; bD 33.5% bd

F₂: Составим решетку Пеннета

	33.5% <u>BD</u>	16.5% <u>Bd</u>	16.5% <u>bD</u>	33.5% <u>bd</u>
33.5% <u>BD</u>	11.22% <u>BD</u> BD	5.53% <u>BD</u> Bd	5.53% <u>BD</u> bD	11.22% <u>BD</u> bd
16.5% <u>Bd</u>	5.53% <u>BD</u> Bd	2.72% <u>Bd</u> Bd	2.72% <u>Bd</u> bD	5.53% <u>Bd</u> bd
16.5% <u>bD</u>	5.53% <u>BD</u> bD	2.72% <u>Bd</u> bD	2.72% <u>bD</u> bD	5.53% <u>bD</u> bd
33.5% <u>bd</u>	11.22% <u>BD</u> bd	5.53% <u>Bd</u> bd	5.53% <u>bD</u> bd	11.22% <u>Bd</u> bd

Фенотипы и генотипы F₂

- Присутствие лигулы и ушек, пурпурные верхушки: 61,2%
- Присутствие лигулы и ушек, белые верхушки: 13,8%
- Отсутствие лигулы и ушек, пурпурные верхушки: 13,8%
- Отсутствие лигулы и ушек, белые верхушки: 11,2%

- Сравним с данными генетической карты:

P₂ (пурпурные верхушки)

d₂ (Карликовость) lg (Отсутствие лигулы и ушек)

=> Схема скрещивания

$$P: \quad D_2D_2 \frac{LgP_2}{LgP_2} \quad \times \quad d_2d_2 \frac{lg p_2}{lg p_2}$$

(нормаль. рост; присутствие лигулы и ушек; (карликовый. рост; присутствие лигулы и ушек;
пурпурные верхушки) белые верхушки)

↓

F₁ $D_2d_2 \frac{LgP_2}{lg p_2}$ (100% нормаль. рост; присутствие лигулы и ушек;
пурпурные верхушки)

$$F_a \quad D_2d_2 \frac{LgP_2}{lg p_2} \quad \times \quad d_2d_2 \frac{lg p_2}{lg p_2}$$

(нормаль. рост; присутствие лигулы и ушек; (карликовый. рост; присутствие лигулы и ушек;
пурпурные верхушки) белые верхушки)

↓

Гаметы: 16.75% $D_2 \underline{LgP_2}$ = 50% D₂ * 33.5% $\underline{LgP_2}$
 8.25% $D_2 \underline{Lgp_2}$ = 50% D₂ * 16.5% $\underline{Lgp_2}$
 8.25% $D_2 \underline{lgP_2}$ = 50% D₂ * 16.5% $\underline{lgP_2}$
 16.75% $D_2 \underline{lgp_2}$ = 50% D₂ * 33.5% $\underline{lgp_2}$ 100% $d_2 \underline{lgp_2}$
 16.75% $d_2 \underline{LgP_2}$ = 50% d₂ * 33.5% $\underline{LgP_2}$
 8.25% $d_2 \underline{Lgp_2}$ = 50% d₂ * 16.5% $\underline{Lgp_2}$
 8.25% $d_2 \underline{lgP_2}$ = 50% d₂ * 16.5% $\underline{lgP_2}$
 16.75% $d_2 \underline{lgp_2}$ = 50% d₂ * 33.5% $\underline{lgp_2}$

F _a : Генотипы	Фенотипы	%	количество растений
<u>LgP</u> ₂ — —	Нор. рост; наличие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	16,75%	16,75*1000/100 = 168
<u>Lgp</u> ₂ — —	Нор. рост; наличие лигулы и ушек; белые верхушки	8,25%	8,25*1000/100 = 83
<u>lgP</u> ₂ — —	Нор. рост; отсутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	8,25%	8,25*1000/100 = 83
<u>lgp</u> ₂ — —	Нор. рост; отсутствие лигулы и ушек; белые верхушки	16,75%	16,75*1000/100 = 168
<u>LgP</u> ₂ — —	Карлик. рост; наличие лигулы и ушек; пурпурные верхуш	16,75%	16,75*1000/100 = 168
<u>Lgp</u> ₂ — —	Карлик. рост; наличие лигулы и ушек; белые верхушки	8,25%	8,25*1000/100 = 83
<u>lgP</u> ₂ — —	Карлик. рост; отсутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	8,25%	8,25*1000/100 = 83
<u>lgp</u> ₂ <u>lgp</u> ₂	Карлик. рост; отсутствие лигулы и ушек; белые верхушки	16,75%	16,75*1000/100 = 168

- При F₁ × F₁:

$$D_2d_2 \frac{LgP_2}{lg p_2} \times D_2d_2 \frac{LgP_2}{lg p_2}$$

(нормаль. рост; присутствие лигулы и ушек;
пурпурные верхушки)

(нормаль. рост; присутствие лигулы и ушек;
пурпурные верхушки)



Гаметы F₁:

16.75% D₂LgP₂

16.75% D₂LgP₂

8.25% D₂Lgp₂

8.25% D₂Lgp₂

8.25% D₂lgP₂

8.25% D₂lgP₂

16.75% D₂lgp₂

16.75% D₂lgp₂

16.75% d₂LgP₂

16.75% d₂LgP₂

8.25% d₂Lgp₂

8.25% d₂Lgp₂

8.25% d₂lgP₂

8.25% d₂lgP₂

16.75% d₂lgp₂

16.75% d₂lgp₂

F₂: Составим решетку Пеннета

	16.75% D ₂ LgP ₂	8.25% D ₂ Lgp ₂	8.25% D ₂ lgP ₂	16.75% D ₂ lgp ₂	16.75% d ₂ LgP ₂	8.25% d ₂ Lgp ₂	8.25% d ₂ lgP ₂	16.75% d ₂ lgp ₂
16.75% D ₂ LgP ₂	2.81% LgP ₂ LgP ₂	1.38% LgP ₂ Lgp ₂	1.38% LgP ₂ lgP ₂	2.81% LgP ₂ lgp ₂	2.81% LgP ₂ LgP ₂	1.38% LgP ₂ Lgp ₂	1.38% LgP ₂ lgP ₂	2.81% LgP ₂ lgp ₂
8.25% D ₂ Lgp ₂	1.38% Lgp ₂ LgP ₂	0.68% Lgp ₂ Lgp ₂	0.68% Lgp ₂ lgP ₂	1.38% Lgp ₂ lgp ₂	1.38% Lgp ₂ LgP ₂	0.68% Lgp ₂ Lgp ₂	0.68% Lgp ₂ lgP ₂	1.38% Lgp ₂ lgp ₂
8.25% D ₂ lgP ₂	1.38% LgP ₂ lgP ₂	0.68% LgP ₂ lgp ₂	0.68% lgP ₂ lgP ₂	1.38% lgP ₂ lgp ₂	1.38% LgP ₂ lgP ₂	0.68% LgP ₂ lgp ₂	0.68% lgP ₂ lgP ₂	1.38% lgP ₂ lgp ₂
16.75% D ₂ lgp ₂	2.81% Lgp ₂ lgP ₂	1.38% Lgp ₂ lgp ₂	1.38% lgp ₂ lgP ₂	2.81% lgp ₂ lgp ₂	2.81% Lgp ₂ lgP ₂	1.38% Lgp ₂ lgp ₂	1.38% lgp ₂ lgP ₂	2.81% lgp ₂ lgp ₂
16.75% d ₂ LgP ₂	2.81% LgP ₂ LgP ₂	1.38% LgP ₂ Lgp ₂	1.38% LgP ₂ lgP ₂	2.81% LgP ₂ lgp ₂	2.81% LgP ₂ LgP ₂	1.38% LgP ₂ Lgp ₂	1.38% LgP ₂ lgP ₂	2.81% LgP ₂ lgp ₂
8.25% d ₂ Lgp ₂	1.38% Lgp ₂ LgP ₂	0.68% Lgp ₂ Lgp ₂	0.68% Lgp ₂ lgP ₂	1.38% Lgp ₂ lgp ₂	1.38% Lgp ₂ LgP ₂	0.68% Lgp ₂ Lgp ₂	0.68% Lgp ₂ lgP ₂	1.38% Lgp ₂ lgp ₂
8.25% d ₂ lgP ₂	1.38% LgP ₂ lgP ₂	0.68% LgP ₂ lgp ₂	0.68% lgP ₂ lgP ₂	1.38% lgP ₂ lgp ₂	1.38% LgP ₂ lgP ₂	0.68% LgP ₂ lgp ₂	0.68% lgP ₂ lgP ₂	1.38% lgP ₂ lgp ₂
16.75% d ₂ lgp ₂	2.81% Lgp ₂ lgP ₂	1.38% Lgp ₂ lgp ₂	1.38% lgp ₂ lgP ₂	2.81% lgp ₂ lgp ₂	2.81% Lgp ₂ lgP ₂	1.38% Lgp ₂ lgp ₂	1.38% lgp ₂ lgP ₂	2.81% lgp ₂ lgp ₂

F ₂ : Генотипы	Фенотипы	%	количество растений
<u>LgP₂</u> — —	Нор. рост; наличие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	46%	46*1000/100 = 460
<u>Lgp₂</u> — —	Нор. рост; наличие лигулы и ушек; белые верхушки	10,3%	10,3*1000/100 = 103
<u>lgP₂</u> — —	Нор. рост; отсутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	10,3%	10,3*1000/100 = 103
<u>lgp₂</u> — —	Нор. рост; отсутствие лигулы и ушек; белые верхушки	8,4%	8,4*1000/100 = 84
<u>LgP₂</u>	Карлик. рост; наличие лигулы и ушек;	15,3%	15,3*1000/100 = 153

--	пурпурные верхушки		
<u>Lgp₂</u>	Карлик. рост; наличие лигулы и ушек;	2,8%	2,8*1000/100 = 28
--	белые верхушки		
<u>lgP₂</u>	Карлик. рост; отсутствие лигулы и ушек;	3,4%	3,4*1000/100 = 34
--	пурпурные верхушки		
<u>lgp₂</u>	Карлик. рост; отсутствие лигулы и ушек;	2,8%	2,8*1000/100 = 28
<u>lgp₂</u>	белые верхушки		

- При сравнении с данными генетической карты $gf(\text{теор.}) = 32\%$

=> Схема скрещивания

$$\begin{array}{l}
 P: \quad D_2D_2 \frac{LgP_2}{LgP_2} \times d_2d_2 \frac{lgp_2}{lgp_2} \\
 \begin{array}{cc}
 \text{(нормаль. рост; присутствие лигулы и ушек;} & \text{(карликовый. рост; присутствие лигулы и ушек;} \\
 \text{пурпурные верхушки)} & \text{белые верхушки)}
 \end{array} \\
 \downarrow \\
 F_1 \quad D_2d_2 \frac{LgP_2}{lgp_2} \text{ (100\% нормаль. рост; присутствие лигулы и ушек;} \\
 \text{пурпурные верхушки)}
 \end{array}$$

Гаметы F₁:

17% <u>D₂LgP₂</u>	17% <u>D₂LgP₂</u>
8% <u>D₂Lgp₂</u>	8% <u>D₂Lgp₂</u>
8% <u>D₂lgP₂</u>	8% <u>D₂lgP₂</u>
17% <u>D₂lgp₂</u>	17% <u>D₂lgp₂</u>
17% <u>d₂LgP₂</u>	17% <u>d₂LgP₂</u>
8% <u>d₂Lgp₂</u>	8% <u>d₂Lgp₂</u>
8% <u>d₂lgP₂</u>	8% <u>d₂lgP₂</u>
17% <u>d₂lgp₂</u>	17% <u>d₂lgp₂</u>

F₂: Составим решетку Пеннета

	17% $D_2 \underline{LgP}_2$	8% $D_2 Lgp_2$	8% $D_2 lgP_2$	17% $D_2 lgp_2$	17% $d_2 LgP_2$	8% $d_2 Lgp_2$	8% $d_2 lgP_2$	17% $d_2 lgp_2$
17% $D_2 \underline{LgP}_2$	2.89% LgP_2 LgP_2	1.36% LgP_2 Lgp_2	1.36% LgP_2 lgP_2	2.89% LgP_2 lgp_2	2.89% LgP_2 LgP_2	1.36% LgP_2 Lgp_2	1.36% LgP_2 lgP_2	2.89% LgP_2 lgp_2
8% $D_2 \underline{Lgp}_2$	1.36% Lgp_2 LgP_2	0.64% Lgp_2 Lgp_2	0.64% Lgp_2 lgP_2	1.36% Lgp_2 lgp_2	1.36% Lgp_2 LgP_2	0.64% Lgp_2 Lgp_2	0.64% Lgp_2 lgP_2	1.36% Lgp_2 lgp_2
8% $D_2 \underline{lgP}_2$	1.36% LgP_2 lgP_2	0.64% LgP_2 lgp_2	0.64% lgP_2 lgP_2	1.36% lgP_2 lgp_2	1.36% LgP_2 lgP_2	0.64% LgP_2 lgp_2	0.64% lgP_2 lgP_2	1.36% lgP_2 lgp_2
17% $D_2 \underline{lgp}_2$	2.89% Lgp_2 lgP_2	1.36% Lgp_2 lgp_2	1.36% lgp_2 lgP_2	2.89% lgp_2 lgp_2	2.89% Lgp_2 lgP_2	1.36% Lgp_2 lgp_2	1.36% lgp_2 lgP_2	2.89% lgp_2 lgp_2
17% $d_2 \underline{LgP}_2$	2.89% LgP_2 LgP_2	1.36% LgP_2 Lgp_2	1.36% LgP_2 lgP_2	2.89% LgP_2 lgp_2	2.89% LgP_2 LgP_2	1.36% LgP_2 Lgp_2	1.36% LgP_2 lgP_2	2.89% LgP_2 lgp_2
8% $d_2 \underline{Lgp}_2$	1.36% Lgp_2 LgP_2	0.64% Lgp_2 Lgp_2	0.64% Lgp_2 lgP_2	1.36% Lgp_2 lgp_2	1.36% Lgp_2 LgP_2	0.64% Lgp_2 Lgp_2	0.64% Lgp_2 lgP_2	1.36% Lgp_2 lgp_2
8% $d_2 \underline{lgP}_2$	1.36% LgP_2 lgP_2	0.64% LgP_2 lgp_2	0.64% lgP_2 lgP_2	1.36% lgP_2 lgp_2	1.36% LgP_2 lgP_2	0.64% LgP_2 lgp_2	0.64% lgP_2 lgP_2	1.36% lgP_2 lgp_2
17% $d_2 \underline{lgp}_2$	2.89% Lgp_2 lgP_2	1.36% Lgp_2 lgp_2	1.36% lgp_2 lgP_2	2.89% lgp_2 lgp_2	2.89% Lgp_2 lgP_2	1.36% Lgp_2 lgp_2	1.36% lgp_2 lgP_2	2.89% lgp_2 lgp_2

F ₂ : Генотипы	Фенотипы	%	количество растений
<u>LgP</u> ₂ --	Нор. рост; наличие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	46%	46*1000/100 = 460
<u>Lgp</u> ₂ --	Нор. рост; наличие лигулы и ушек; белые верхушки	10,1%	10,3*1000/100 = 101
<u>lgP</u> ₂ --	Нор. рост; отсутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	10,1%	10,3*1000/100 = 101
<u>lgp</u> ₂ --	Нор. рост; отсутствие лигулы и ушек; белые верхушки	8,7%	8,4*1000/100 = 87
<u>LgP</u> ₂ --	Карлик. рост; наличие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	15,4%	15,3*1000/100 = 154
<u>Lgp</u> ₂ --	Карлик. рост; наличие лигулы и ушек; белые верхушки	2,7%	2,8*1000/100 = 27
<u>lgP</u> ₂ --	Карлик. рост; отсутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	3,4%	3,4*1000/100 = 34
<u>lgp</u> ₂ lgp ₂	Карлик. рост; отсутствие лигулы и ушек; белые верхушки	2,9%	2,8*1000/100 = 29

- С помощью χ^2 мы сравним фенотипическое расщепление F_2 с теоретически ожидаемым (по генкарте)

Фенотипический класс	Фактически полученное (p)	Теоретически ожидаемое (q)	Отклонение d, (p-q)	d ²	d ² /q
Нормальный рост, присутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	460	460	0	0	0
Нормальный рост, присутствие лигулы и ушек; белые верхушки	103	101	2	4	0,0396
Нормальный рост, отсутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	103	101	2	4	0,0396
Нормальный рост, отсутствие лигулы и ушек; белые верхушки	84	87	-3	9	0,1034
Карликовый рост, присутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	153	154	-1	1	0,0065
Карликовый рост, присутствие лигулы и ушек; белые верхушки	28	27	1	1	0,037
Карликовый рост, отсутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки	34	34	0	0	0
Карликовый рост, отсутствие лигулы и ушек; белые верхушки	28	29	-1	1	0,0345
Σ	1000	1000			0,2606

$\chi^2 = 0,2606 \ll \chi^2$ (теор.) при df = 7 => нулевая гипотеза принимается с вероятностью P = 99%

Заключение

По результатам анализа доминантными признаками являются нормальный рост, присутствие лигулы и ушек; пурпурные верхушки, а рецессивными - Карликовый рост, отсутствие лигулы и ушек; белые верхушки.

В ходе анализа наследования было выявлено, что между генами lg и P_2 есть сцепление, кроссинговер равен 33%.

По данным опыта генкарта выглядит так:

	P_2 (пурпурные верхушки)
d_2 (Карликовость)	lg (Отсутствие лигулы и ушек)

В результате сравнения с помощью χ^2 фактическое расщепление совпадает с теоретически ожидаемым (вероятность $P = 99\%$).

Список литературы

1. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Г.В. Коренев и др.; Под ред. Г.С. Посыпанова. – М.: Колос, 1997.
2. Частная селекция полевых культур / В. В. Пыльнев. М.: КолосС, 2005.
3. В. Б. Зайцев «Рассказ о рисе» М.: Колос, 1980.
4. Н. Н. Орлова «Генетический анализ» МГУ, 1991