

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

Агрономический факультет

Кафедра лесного хозяйства

Методические указания для практических занятий
и самостоятельной работы

Лесная селекция

Новосибирск 2023

УДК 630.165.3 (07)

ББК 43.451, Я7

Л 503

Кафедра лесного хозяйства

Составитель: к.с.-х.н. Якубенко О.Е., к.с.-х.н. Паркина О.В.

Рецензент: к.с.-х.н. Митракова А.Г.

Лесная селекция: метод. указания для практических занятий и самостоятельной работы. Новосиб. гос. аграр. ун-т; сост.: О.Е. Якубенко, О.В. Паркина. Новосибирск, 2023. – 45 с.

Методические указания для практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине Лесная селекция для студентов направления подготовки 35.03.01 Лесное дело составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО, рабочему учебному плану, ООП и рабочей программе дисциплины.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом агрономического факультета. Протокол № 3 от «10» февраля 2023 г.

Содержание

Введение	4
1 Исходный материал для селекции лесных древесных видов	6
2 Методы создания исходного материала для селекции лесных древесных видов	7
2.1 Гибридизация	7
2.2 Типы скрещиваний, применяемые при гибридизации	9
2.3 Принципы подбора родительских пар	12
2.4 Способы получения гибридных семян древесных растений	14
2.5 Скрещивание на срезанных ветвях	17
2.6 Способы выращивания и испытания гибридных растений древесных видов	18
2.7 Гетерозисные скрещивания	19
3 Способы прививок хвойных древесных видов	21
3.1 Основные способы прививок	21
3.2 Способ ментора	23
3.3 Самопрививки	24
3.4 Инструменты, используемые при прививке	26
4 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА	28
4.1 Общие методические рекомендации	28
4.2 Требования к оформлению	28
4.3 Вопросы контрольной работы	31
Список литературы	36
Приложение	41

Введение

Селекционная работа начинается с подбора исходного материала в соответствии с направлением и целью. В лесном хозяйстве в качестве исходного материала для селекции являются: экотипы, климатипы, эдафотипы, популяции и формы древесных видов.

Экотип – совокупность растений одного вида, которые занимают территорию с определенным комплексом условий существования, сформировались под влиянием естественного отбора и объединяют ряд общих наследственных особенностей растений. Каждый экотип занимает большую территорию, в разных частях которой имеет место существование различия в климатических условиях и продолжительности светового дня. Это определяет разнонаправленность естественного отбора и обуславливает выделение в пределах экотипа климатических рас, или климатических экотипов (климатипов), которые отличаются некоторыми морфологическими и эколого-физиологическими особенностями и отождествляются с разновидностями. В пределах климатипа условия существования и, прежде всего, почвенно-грунтовые условия также неоднородны. Поэтому в каждом климатическом экотипе можно выделить почвенные, или эдафические, экотипы (эдафотипы).

В свою очередь экотипы состоят из популяций. Деревья, входящие в популяцию, часто имеют общие четко выраженные морфологические или физиологические признаки, которые обычно сами по себе не представляют хозяйственного интереса. Но находясь в определенной связи с наследственными свойствами и качествами дерева, имеют существенное селекционное значение. Деревья по таким признакам объединяются в формы (узкокронная и ширококронная формы сосны, формы ели с различным типом ветвления (гребенчатые, зубчатые и т. д.), зеленокорая и серокорая осина и т. д.).

У перекрестноопыляющихся растений одним из новых источников материала являются самоопыляемые линии, или инцухт-линии. Их получают многократным принудительным самоопылением перекрестноопыляющихся

растений. Лучшие линии скрещивают между собой, получают межлинейные гибриды или их скрещивают с другими сортами для создания гетерозисных гибридов.

Искусственные мутации и полиплоидные формы создаются путем воздействия на растения различными мутагенами.

Ценным источником сортов древесных растений являются формовые разнообразия естественных популяций и интродукции новых видов из других флористических зон. Введение в культуру новых форм и сортов в будущем способно улучшить качество лесов. Селекция поможет создавать сортовые промышленные плантации в соответствии с ростом потребности в определенных сортаментах древесины и других полезностях леса.

В процессе антропогенного влияния сокращается мировой лесной генофонд лесных древесных популяций. Работа по селекции всех видов растений, в том числе и древесных пород, основывается на использовании естественного генофонда местных древесных пород лесообразователей и интродуцентов. Сохранение генофонда древесных растений как для осуществления мероприятий по улучшению свойств древесных растений в настоящее время, так и для селекционной работы при составлении перспективного ассортимента в будущем становится основой внимания лесной селекции.

1 Исходный материал для селекции лесных древесных видов

Успех селекции обусловлен формовым разнообразием древесных растений. Многообразие форм древесных пород давно было подмечено ботаниками, садоводами и лесозаготовителями. Из всего многообразия селекционеры отбирают ценные фенотипы и разрабатывают меры по их сохранению. При этом предполагается:

1. Выделение лесных генетических резерватов;
2. Сохранение отдельных площадей насаждений и деревьев (плюсовых);
3. Создание испытательных культур и клоновых архивов;
4. Создание банков семян, пыльцы и меристем.

Генофонд древесных растений обследуется в настоящее время путем изучения генетической структуры популяций основных лесообразователей. При выборе признаков, фенотипическое проявление которых могло бы дать информацию о генофонде популяции, большое значение имеют два показателя: генетический и экономический.

Генетическая характеристика генофонда включает степень наследуемости признаков, выражающую сущность фенотипической ценности популяции. Анализ генофонда популяции возможен именно по фенотипическим выражениям тех признаков, которые характеризуются высокой степенью наследуемости.

Экономическая характеристика генофонда имеет значение при изучении генофонда по хозяйственно ценным признакам. Но при этом не следует забывать, что пока еще невозможно уверенно прогнозировать экономическую ценность многих признаков для будущего. Это во многом зависит от уровня развития промышленности по использованию и переработке древесины и других полезных лесных древесных растений в будущем. В связи с этим необходима разработка мероприятий по сохранению в лесах всей полноты генофонда. Поэтому селекционные размеры популяций должны быть большими, что возможно при сохранении значительного числа особей каждой популяции.

2 Методы создания исходного материала для селекции лесных древесных видов

2.1 Гибридизация

При гибридизации получают новые комбинации генов, которые не встречаются в исходном родительском материале.

В современном понимании гибрид – это гетерозиготная особь, возникающая в результате скрещивания генетически различных родительских форм или генотипов, т.е. любой гетерозиготный организм, независимо от его происхождения.

В этом смысле почти любое скрещивание между лесными породами будет производить гибриды.

Половая гибридизация является наиболее распространенным методом синтетической селекции. Она может быть естественной, или спонтанной, и искусственной, или контролируемой. Целью половой гибридизации является:

- повышение устойчивости древесных растений против различных заболеваний, повреждений и вредителей. Повышение зимостойкости и засухоустойчивости, а также увеличение жизнестойкости и долговечности растений;
- повышение мощности и быстроты роста;
- улучшение качества древесины – плотности, структуры и др.,
- повышение декоративных качеств деревьев и кустарников и комбинирование их с устойчивостью к газам, задымлению и т.п.;
- повышение урожайности, качества плодов, смолопродуктивности, содержания ценных веществ.

Контролируемые скрещивания могут быть также полезны в практической работе для получения селекционно-улучшенного материала.

В зависимости от генетической близости исходного материала различают внутривидовую и межвидовую, или отдаленную гибридизацию.

Скрещивания внутри ботанических видов или между близкими видами называют совместимыми, или конгруэнтными; скрещивания между отдельными видами или близкими родами – несовместимыми, или инконгруэнтными.

Гибридизация используется в качестве способа изучения наследования, получившего название гибридологического метода генетического анализа. Этот метод основан на принципе менделеевского анализа наследования и взаимодействия отдельных генов у организмов. При этом у гибридного потомства изучается наследование не совокупности признаков, а одного, двух или трех контрастных признаков в ряду последовательных поколений с применением индивидуального анализа потомства от каждого гибридного растения.

Создавая гибридизацией исходный материал, удается значительно ускорить ход селекционного процесса. Последовательным скрещиванием наследственно расщепляющихся родительских форм селекционеры создают новые формы растений. Выведение новых сортов, в которых с помощью гибридизации достигается сочетание хозяйственно ценных свойств большого количества родительских форм названо синтетической селекцией. Гибридизацию относят к категории комбинативной селекции, так как основной целью при этом является получение потомства с новой совокупностью генетически обусловленных признаков и свойств. Последующим направленным отбором из гибридного потомства выделяют новые ценные формы.

Содержание и порядок работы по селекции методом гибридизации:

1. Цель работы и разработка модели (образа) будущего гибридного сорта.
2. Изучение генетического потенциала (наследственности) исходного материала.
3. Подбор родительских пар.
4. Подбор и хранение пыльцы.
5. Подготовка женских цветков к опылению (кастрация и изоляция).
6. Проведение опыления (техника скрещивания).
7. Наблюдение за развитием гибридных семян и уход за материнскими растениями.

8. Сбор гибридных семян и выращивание гибридного потомства.

9. Отбор лучших гибридных форм и выделение из них отдельных растений (кандидатов в сорта) для сравнительного испытания.

10. Разработка методов массового размножения нового сорта для производства.

Сортам, полученным в итоге гибридизации, присваивается название, которое включает название исходных сортов или видов. Например, лесными селекционерами бывшего СССР получены региональные зимостойкие сорта белого пирамидального тополя от скрещивания местных форм белого тополя с тополем Болле. Этим сортам даны соответствующие названия: Советский пирамидальный селекции А.С. Яблокова, Уральский пирамидальный селекции Н.Н. Коновалова и т.д.

2.2 Типы скрещиваний, применяемые при гибридизации

Изменение наследственности исходного материала для селекции при гибридизации осуществляется однократными, или простыми, скрещиваниями и многократными скрещиваниями, названными сложными или ступенчатыми скрещиваниями. Наиболее распространенное деление скрещиваний на простые и сложные с последующим подразделением на целый ряд типов можно представить такой схемой.

Простыми скрещиваниями называют однократные скрещивания между двумя родительскими формами. Если родительские виды или сорта обозначить буквами, то этот тип скрещивания можно изобразить как $A \times B$ или $B \times A$ и т. д., после которых в гибридном потомстве проводится отбор элитных растений и оценка их потомства. При простых скрещиваниях гибриды получаются на основе комбинаций генов материнской и отцовской форм. Простые парные скрещивания имеют большее значение при внутривидовой гибридизации.

Диаллельные скрещивания – каждая испытываемая линия, форма или сорт скрещивается со всеми другими линиями или сортами во всех возможных комбинациях. Например, $A \times B$, $A \times C$, $A \times D$, $A \times E$ и т.д. Число всех возможных комбинаций при диаллельных скрещиваниях может быть очень большим и будет

возрастать по мере увеличения гибридизации древесных растений с целью изучения варьирования признаков в гибридном потомстве, а также определения отобранных по фенотипу деревьев на проявление хозяйственно ценного признака в гибридном потомстве.

Реципрокными скрещиваниями называются скрещивания растений, при которых каждый из двух сортов или видов в одном случае является материнской формой, во втором – отцовской. Например, скрещивание, осуществленное по схеме $A \times B$ и $B \times A$. Первое скрещивание $A \times B$ называют прямым, второе $B \times A$ – обратным.

Сложными скрещиваниями называются скрещивания, когда в гибридизацию вовлекается более двух родительских форм или, когда гибридное потомство повторно скрещивается с одним из родителей. Сложные скрещивания в селекционной практике имеют значительно большее значение, чем простые.

Множественные скрещивания, или поликроссы, – это такие скрещивания, когда материнское растение опыляется смесью пыльцы нескольких видов и сортов. Этот вид скрещивания схематически можно изобразить так: $A \times (B + B + G + D \text{ и т.д.})$, где буквой A обозначен материнский сорт, а буквами B, B, G, D – отцовские сорта, от которых берется пыльца для составления смеси.

Множественные скрещивания осуществляются двумя способами:

- искусственным опылением материнского растения смесью пыльцы нескольких отцовских форм;
- свободным опылением материнского растения с помощью ветра или насекомых, когда материнские и отцовские растения высаживаются рядом на одной и той же семенной площадке.

Основные условия успешного применения метода множественных скрещиваний: растения должны быть многолетними, самостерильными, обладать способностью к клонированию и иметь одинаковые сроки цветения. Таким условиям удовлетворяют многие древесные породы.

Возвратные скрещивания, или беккроссы, – скрещивания, при которых гибрид повторно скрещивается с одной из родительских форм. В природных

условиях повторные скрещивания спонтанных гибридов с одной из родительских форм называются интрогрессивной гибридизацией. В практике селекционной работы беккроссы называют повторными (возвратными) скрещиваниями. Возвратные скрещивания можно записать схематически так:

1-й год – $A \times B$;

2-й год – $(A \times B) \times A$ или $(A \times B) \times B$.

Этот тип скрещивания широко применяется в селекционной практике. Он используется в тех случаях, когда у ценных по комплексу признаков сортов имеется дефект, который желательно устранить. Тогда новый сорт стал бы совершеннее, расширились бы возможности его практического использования. При возвратных скрещиваниях тот сорт, от которого хотят взять основной комплекс признаков, берется при первом скрещивании обычно в качестве материнского, а при повторных скрещиваниях он используется в качестве отцовского.

Насыщающие и конвергентные скрещивания – повторные возвратные скрещивания. Этот метод часто применяется при выведении сортов устойчивых к болезням. При насыщающих скрещиваниях признаки и свойства одного из родителей почти полностью вытесняются за исключением немногих генов. Во многих случаях это бывает нежелательным. Во избежание этого разработана система конвергентных скрещиваний. Конвергентные скрещивания представляют собой дальнейшее развитие метода возвратных скрещиваний. Метод заключается в том, что после получения F_1 дальнейшее скрещивание проводят в двух направлениях. В одном случае гибриды повторно скрещивают с материнским сортом, а во втором – с отцовским. В результате получают две сближенные линии. Их скрещивают между собой и среди гибридного потомства производят отбор. После возвратных скрещиваний и сближения линий гибридное потомство проявляет менее сложный характер расщепления. Вследствие этого среди потомства легче найти желаемую комбинацию признаков.

Ступенчатые скрещивания – полученный от простого скрещивания гибрид повторно скрещивается не с родительской формой, а с третьим сортом или видом

растений, затем с четвертым и т.д. Таким образом, в этих скрещиваниях участвуют несколько родительских форм, которые последовательно или ступенчато включаются в гибридизацию. При ступенчатых скрещиваниях создается гибридный материал, включающий наследственные свойства нескольких сортов, или видов растений.

Все типы скрещиваний успешно применяются к лесным древесным растениям. Они позволяют в ряде случаев создавать оригинальные комплексные программы применительно к особенностям той или иной группы видов. Перспективным приемом создания таких программ является включение внутривидовой и межвидовой гибридизации по родовым комплексам.

Лесные древесные растения выращиваются обычно с целью получения вегетативной массы, поэтому стерильность гибридных растений не может препятствовать их выращиванию в промышленных масштабах. Применение межвидовой гибридизации близких видов в некоторых родовых комплексах древесных пород из разных районов произрастания имеет большое значение для получения гетерозисных межвидовых гибридов.

Накоплены многочисленные экспериментальные данные, доказывающие целесообразность широкого применения внутривидовой гибридизации к лесным древесным растениям. Проявление гетерозиса у лесных пород чаще наблюдается в первом гибридном поколении. Однако в некоторых случаях рациональнее селекционную работу распространять на второе и третье поколения. В связи с длительным периодом смены поколений у лесного древесного растения большое значение приобретает умелый подбор родительских пар с целью обеспечения в первом поколении гибрида с желательной комбинацией хозяйственно ценных признаков.

2.3 Принципы подбора родительских пар

К настоящему времени установлены некоторые закономерности формообразовательных процессов в гибридных популяциях и разработаны общие принципы подбора родительских пар при скрещиваниях. Общим показателем при подборе родительских пар для гибридизации является высокая выраженность у

них, интересующих селекционера признаков и свойств. Для правильного выбора пар требуется проверка наследования отдельных хозяйственно ценных признаков и свойств. К искусственно создаваемым гибридным популяциям лесных древесных пород предъявляются определенные требования: они должны обладать не только экономически выгодной комбинацией признаков, но и экологической и возрастной стабильностью их проявления.

Подбор пар по экологическому признаку был успешно применен И.В. Мичуриным. Учет исторически сложившихся биологических требований родительских организмов, изучение условий существования их предков позволили ему предвидеть возможный ход развития молодого гибридного растения в новых условиях. Он обнаружил, что при скрещивании местных сортов с инорайонными, первые, как более приспособленные к данным условиям, в большей степени передают свои признаки и свойства потомству.

Подбор пар по продолжительности отдельных фаз вегетации применяется при работе с целым рядом культур. Это позволяет проводить селекцию на скороспелость. В мировой селекционной практике отмечены случаи, когда гибриды или их потомство превосходят обоих родителей по тем или иным признакам и свойствам. Эти сдвиги могут быть как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения значения признака. Шведский селекционер Нильсон-Эле это явление назвал трансгрессией.

В результате исследований установлено, что трансгрессия проявляется в отношении таких признаков и свойств, которые контролируются не одним геном, а несколькими распределенными между скрещиваемыми партнерами. По мере увеличения у одной особи количества этих генов соответствующий признак проявляется сильнее или, наоборот, ослабляется. При скрещивании двух сортов, у которых тот или иной признак или свойство являются полимерными, у гибридного потомства возможно суммирование соответствующих генов и благодаря их однозначному действию произойдет усиление или, ослабление проявления данного признака или свойства.

Направление в селекции, основанное на планомерном скрещивании с целью получения положительных трансгрессий, называют трансгрессивной селекцией. Следует отличать трансгрессию от гетерозиса. При гетерозисе, в отличие от трансгрессии, гибридные растения имеют максимальную высоту всегда в первом гибридном поколении. В последующих генерациях наблюдается быстрое снижение роста. Поэтому при семенном размножении растений невозможно закрепить гетерозис. У древесных растений гетерозисные формы размножают вегетативным способом. Если быстрый рост вызван трансгрессией, то это изменение наследуется во всех последующих поколениях, несмотря на расщепление гетерозиготных форм.

Подбор пар по элементам структуры урожая (крупность семян, их количество и т.д.). особенно важен при гибридизации орехоплодных древесных растений; интересен и для получения растений с прямыми, полнодревесными стволами и быстрым ростом; с плакучей, пирамидальной или ажурной кроной; и т.п.

Подбор пар на основе различия по устойчивости к заболеваниям. Широко используется при выведении устойчивых к различным заболеваниям форм и сортов лесных древесных пород, особенно при выведении форм, устойчивых к заболеванию листьев и хвои.

Однако не следует думать, что при подборе родительских пар для скрещивания по указанным принципам можно сразу добиться успеха. При любых подходах при скрещиваниях получается широкий спектр изменчивости в гибридном потомстве.

2.4 Способы получения гибридных семян древесных растений

Гибридные семена древесных растений получают от скрещивания на растущих корнесобственных и привитых деревьях, а также на срезанных ветвях. В крону деревьев для работы по искусственному опылению поднимаются при помощи лестниц, лазов, специально построенных подмостков и автомашин с подъемными приспособлениями.

Подготовка материнских деревьев для опыления у ветроопыляемых разнополых растений резко отличается от подготовки насекомоопыляемых обоеполых. У первых изоляцию проводят удалением мужских соцветий, (например, ♂ сережек у березовых и ♂ стробилов у хвойных). У двудомных возможна пространственная изоляция. У обоеполых растений для изоляции женских цветков необходимо удалить из цветка пыльники, не повредив пестики. Перед изоляцией удаляют пинцетом или ножницами пыльники. Женские цветки и соцветия изолируют за несколько дней до начала цветения (пыления), чтобы предотвратить опыление их нежелательной пылью. Изоляторы изготавливают в виде пакетов или небольших мешочков из плотной ткани или бумажной кальки. Для изоляции цветков насекомоопыляемых растений используются марлевые мешочки. На основание изолируемой ветки, где изолятор завязывают шпагатом, подкладывают кусочек ваты для доступа воздуха в изолятор.

Пыльцу с дерева-опылителя заготавливают заранее. У ветроопыляемых растений, мужские цветки которых собраны в соцветия (у буковых, березовых, тополей, ореховых) и в стробилы (у хвойных) для сбора пыльцы используют соцветия, которые снимают с растущих деревьев за 1–2 дня до естественного созревания (пыления). Собранные сережки или стробилы для дозревания помещают на бумажную кальку в один слой, где пыльники слегка подсыхают. Пыльцу собирают в пакеты или небольшие стеклянные емкости. Для сбора пыльцы в большом количестве целесообразно использовать почвенные сита, в которых пыльцу удобно очищать и вымачивать из пыльников легким встряхиванием системы ситец. Так можно собирать пыльцу для массового опыления и получения гибридных семян от контролируемого опыления. Для сбора пыльцы из обоеполых цветков насекомоопыляемых растений тычинки выщипывают перед созреванием пыльников. Пыльники тонким слоем помещают в стеклянную посуду.

Если цветки на материнском дереве распускаются раньше, то для ускорения созревания мужских цветков прибегают к выгонке пыльцы. Для этого заготавливают ветки с цветками опылителя незадолго до цветения и помещают их

в банку с водой в теплом месте. Банку ставят на гладкую бумагу, чтобы на нее осыпалась созревшая пыльца, которую собирают в стеклянные баночки или пакетики из бумажной кальки. Паспорт пыльцы составляют в дневнике по гибридизации, где указывают дату заготовки, номер дерева, с которого она собрана, и описание дерева. На этикетке можно написать номер опылителя и дату сбора. Для скрещивания географически отдаленных растений или видов с разными сроками цветения необходимо хранить и пересылать пыльцу по почте. Пыльцу хранят в эксикаторах с хлористым кальцием при температуре не выше 2–5° С (в холодильнике).

Продолжительность хранения пыльцы зависит от способа хранения и наследственных особенностей вида. Установлено, что пыльца березы, тополя, ивы и других видов может храниться (без применения) не более 1 мес., у сосны – свыше 1 года. Жизнеспособность пыльцы дуба при температуре 0° С и относительной влажности около 60% сохраняется более 2 мес. При низкой влажности пыльца дуба быстро погибает. Перед скрещиванием пыльцу, особенно долго хранившуюся или перенесшую заморозки, проверяют на жизнеспособность. О жизнеспособности пыльцы судят по проценту проросших пыльцевых зерен и длине пыльцевых трубок, развивающихся на питательной среде. Пыльцу проращивают в висячей капле или посевом на агар-агаровую поверхность в чашке Петри. В висячей капле пыльца сосны прорастает через 12–24 ч, а пыльца березы через 2–3 ч, что можно наблюдать под микроскопом.

Для опыления лучше пользоваться пыльцой, прорастающей на 50% и более. Искусственное опыление проводят в период, когда рыльца пестиков находятся в стадии оптимальной влажности и готовности к прорастанию пыльцы. У некоторых растений это состояние определяется выделением секрета в виде небольших капелек на рыльце пестика у покрытосеменных или в пазухах семенных чешуи у голосеменных растений. Женские цветки опыляют при помощи мягкой акварельной кисточки, если пыльцы немного, или создают пыльцевое облако, не снимая изолятора с ветки. Облако пыльцы можно выпустить из пульверизатора или выдуть из стеклянной пипетки. В работах, где

требуется абсолютная изоляция для опыления сосны, лиственницы, ели, березы и других пород при наличии большого количества пыльцы опыление производят при помощи шприца. Пакет прокалывают, вдувают в него пыльцу, затем проколотое отверстие заклеивают.

В северных районах опыление следует проводить в полдень, на юге – утром, при влажном воздухе. Опыление повторяют в течение 3 дней до утраты восприимчивости рылец. В северных районах рекомендуется материнские растения заключать в полиэтиленовые теплицы, где температурными воздействиями и изменением состава воздуха можно добиться раннего формирования обильного количества женских сережек на материнских деревьях. Пространственная изоляция этих деревьев упрощает работу по контролируемому опылению. После опыления на ветку необходимо повесить этикетку с шифрованным номером. В дневнике под этим номером записываются все сведения о родительских деревьях, особенно о проведении опыления. Полезно в шифровке указывать год работы, тогда по номерам будет легче определить время получения гибридных семян.

2.5 Скрещивание на срезанных ветвях

При гибридизации древесных растений с мелкими плодами и семенами (тополь, ива, ильмовые, береза) широко используется метод скрещивания на срезанных ветвях.

Для этого за 1,5–2 мес. до начала цветения срезают ветки длиной 1–1,5 м, диаметром от 0,6 до 2 см, с цветочными почками, на которых оставляют не более 10–12 цветочных и 5 листовых почек. Ветви помещают в колодезную или речную воду, которую меняют через 6–8 дней до начала цветения и через 3–5 дней с начала цветения и до созревания плодов. Срезы подновляют. В длительных опытах используются питательные растворы.

Ветки с мужскими цветками заготавливают в несколько сроков, но раньше, чем с женскими, чтобы, по возможности, совместить сроки цветения. Для пространственной изоляции ветви с тычиночными и пестичными сережками держат в разных помещениях. Техника опыления на срезанных ветвях такая же,

как и на растущих деревьях, но проводится на месяц раньше естественного цветения и позволяет получить гибридные семена к весеннему сроку посева.

Гибридизация на срезанных ветвях, кроме достоинств по технике скрещивания, позволяет проводить направленный уход за развитием гибридных семян. При скрещиваниях на срезанных ветвях видов тополей удалось получить около 50% зимостойких гибридов с пирамидальной кроной тополя Болле. Однако ослабление материнского растения допускается до определенного предела. Рекомендуется использовать для скрещивания тополей на срезанных ветвях длинные (0,6–1,5 м) и толстые (1,5–2 см) ветви с большим запасом питательных веществ.

2.6 Способы выращивания и испытания гибридных растений древесных видов

Выращивать растения из гибридных семян необходимо на высоком агрофоне, чтобы обеспечить высокую грунтовую всхожесть и максимальную сохранность всходов, сеянцев и саженцев. Так, при получении гибридных семян осины, тополя и ивы гибридные всходы выращивают в чашках Петри, помещенных в термостаты, чтобы сохранить все гибридные растения и проследить за наследованием и характером расщепления хозяйственно ценных признаков и свойств. Выращивание березы на высоком уровне сохранности всходов показывает, что из одних и тех же гибридных вариантов можно вырастить от 2 до 300 гибридных всходов из одной сережки (в сережке березы бородавчатой содержится 500–600 семян). В зависимости от целей и направления селекции сеянцы и саженцы следует выращивать по-разному. При селекции на устойчивость гибриды надо выращивать на так называемом провокационном фоне, чтобы вести отбор на разных стадиях онтогенеза.

Выращивать гибридные растения следует с одновременным испытанием гибридного потомства. Подбор площадей под посев, выбор схемы посевов, методы посева и наблюдения за появлением всходов, ростом и развитием гибридных растений, оценка, отбор и выбраковка гибридных семян и отдельных растений должны определяться конечной целью работы и проводиться при постоянном сравнении с контролем.

Успешные примеры межвидовой и межродовой гибридизаций лесных древесных растений показали перспективность селекции путем гибридизации. Межвидовая гибридизация с отбором лучших форм тополей для вегетативного размножения на промышленных плантациях используется в лесоразведении при ускоренном выращивании сырья для целлюлозно-бумажной промышленности. Не меньшее значение в интенсификации лесного хозяйства имеет селекция на быстроту роста хвойных пород.

Таким образом, испытание потомства в гибридных популяциях необходимо вести по частной методике применительно к биологии данной породы и в соответствии с поставленными задачами.

2.7 Гетерозисные скрещивания

Цель таких скрещиваний состоит в получении гибридного материала, обладающего гибридной мощностью, жизнеспособностью, повышенной продуктивностью или улучшенными качествами у гибридов первого поколения.

Гетерозис считается истинным, если наблюдается превосходство гибрида по какому-нибудь признаку над признаком лучшего родителя, и гипотетическим, если превосходство наблюдается над средним значением признака обоих родителей.

А. Густафссон (1951) подразделяет гетерозис по типу проявления на соматический, репродуктивный и приспособительный (адаптивный). Между этими тремя типами существуют переходы. Гетерозис *соматический* – это более мощное развитие вегетативных органов у гибридных растений; *репродуктивный* – более мощное развитие репродуктивных органов и повышенная фертильность, приводящие к формированию высокого урожая семян или плодов; *приспособительный*, или *адаптивный*, – повышение приспособленности гибридных организмов к изменяющимся условиям среды и их конкурентной способности в борьбе за существование.

Для объяснения причин гетерозиса разработано несколько гипотез. Наиболее распространена гипотеза *доминирования*, которая основана на представлении о том, что в процессе эволюции гены, благоприятно действующие

на организм, становятся доминантными, в то время как гены, действующие неблагоприятно, становятся рецессивными. Согласно этой гипотезе гетерозис объясняется тремя эффектами действия благоприятных доминантных генов: 1) подавление вредного действия рецессивных аллелей: $Aa > aa$; 2) аддитивный (суммирующий) эффект неаллельных доминантных генов, однонаправлено действующих на определенные количественные признаки, по которым в большинстве случаев и наблюдается гетерозис: $A+B+C > A+B, A+C$; 3) комплементарное взаимодействие ряда неаллельных доминантных генов.

Гипотеза *сверхдоминирования* объясняет гетерозис аллельным взаимодействием генов в гетерозиготном состоянии, вследствие чего $AA < Aa > aa$. Предполагается, что одинарная доза гена A благоприятнее действует на организм, чем его двойная доза в гомозиготе AA .

Гипотеза генетического баланса объясняет явление гетерозиса суммарным эффектом разнородных генетических процессов, изменяющих генетический баланс у гетерозиготы в сторону проявления той или иной формы гетерозиса.

Независимо от сущности разных теорий, объясняющих явление гетерозиса, с практической стороны важно иметь в виду, что гетерозис проявляется главным образом в F_1 .

Н.В. Старова (1980) у древесных пород выделяет три категории гетерозиса: популяционный, групповой и индивидуальный, а в каждой категории - типы гетерозиса: по характеру его проявления (генеративный, соматический, адаптивный) и по характеру взаимодействия генов (доминирование, сверхдоминирование, аддитивные и комплементарные эффекты).

Популяционный гетерозис может возникать в результате длительной адаптивной эволюции в панмиктических естественных популяциях в результате удачных рекомбинаций и уравнивающего естественного отбора, благоприятствующего гетерозиготам.

Групповой гетерозис может быть получен при искусственной гибридизации родительских форм с высокой специфической комбинационной

способностью, когда гибридная семья в целом по средним и максимальным показателям превосходит обе родительские формы.

Индивидуальный гетерозис наблюдается при межвидовых или географически отдаленных скрещиваниях, а также при скрещивании растений с различным уровнем плоидности. В этом случае не гибридные семьи в целом, а отдельные экземпляры превосходят родительские формы. Наиболее часто этот вид гетерозиса применяют при гибридизации тополей, ив, орехов рода *Juglans L.*

Большой хозяйственный интерес представляют пути закрепления гетерозиса у древесных растений. Сохранение эффекта гетерозиса осуществляется вегетативным размножением уникальных гибридов.

3 Способы прививок хвойных древесных видов

Прививки растений – это способы получения таких организмов, которые состоят из двух различных индивидуумов. Поэтому в каждой прививке обычно различают две составные части: привой – та часть прививки, которая перенесена на другое растение и срослась с ним, и подвой – часть прививки, на которую перенесен привой и которая его питает. Привой вынужден брать питательные вещества другого растительного организма. Эти новые условия изменяют свойства протоплазмы, а, следовательно, и наследственность организма.

3.1 Основные способы прививок

Практике известно множество способов прививок, которые сводятся к трем основным:

1) окулировка, или прививка «глазком», – когда привоем служит почка, или «глазок», взятая из средней части побега. Техника прививки этим способом сводится к нанесению на подвое «Т» – образного надреза коры, отчленению «глазка» продольным срезом до коры, помещению «глазка» в подготовленный надрез и наложении повязки;

2) копулировка, или прививка черенком, – способ прививки для размножения наиболее ценных сортов плодовых и форм древесных пород. При

нем из однолетних побегов нарезаются черенки с 2–3 почками. На подобранном с одинаковой толщиной черенка привоя и стеблей подвоя делают косые срезы так, чтобы их камбиальные слои совпали. При этом для более надежного срастания поверхности среза делают с выступами, углублениями и место сочленения обвязывают (рисунки 1,2).

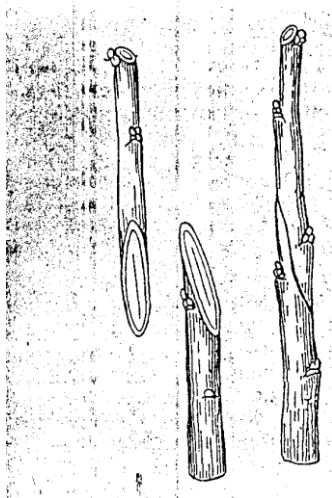


Рисунок 1 – Простая копулировка

А- черенок, Б- подвой, В- общий вид прививки

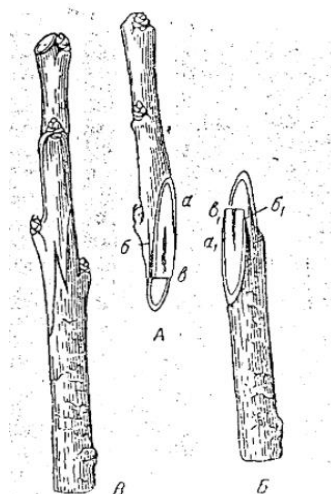


Рисунок 2 – Копулировка с язычком (улучшенная)

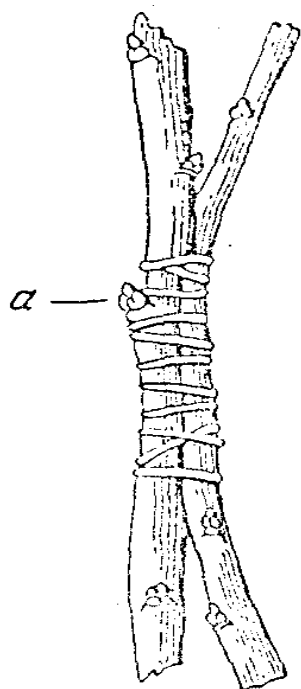
А - срез на черенке ,а₁-на подвое, б - расщеп на черенке, б₁- на подвое, в - язычок черенка, в₁–подвоя

Поскольку у деревьев и кустарников диаметры черенка привоя и стебля подвоя часто не совпадают, прививку делают «в расщеп», «под кору» и другими способами. При прививке в расщеп поперечный срез подвоя расщепляется по диаметру полностью или частично и в него вставляется привой, который косо срезается с двух сторон. При прививке под кору на подвое делают горизонтальный срез под стеблевым узлом, а затем надрезают кору в вертикальном направлении от среза, книзу и осторожно отворачивают ее края. На

привое срез проводят в виде полуконуса. Затем привои вставляют под кору, зажимают его отворотами коры и обвязывают прививку;

3) сближение, или аблактировка, – способ прививки, при котором привой не отделяется от материнского растения до полного срачивания с подвоем.

Способ состоит в том, что в местах подвоя и привоя снимается одинаковая полоска коры с тонким слоем древесины. Затем срезы плотно соединяют и закрепляют повязкой (рисунок 3).



Для успеха прививки необходимо, чтобы было достигнуто совмещение камбиальных слоев и на стороне привоя, противоположном срезу, имелась почка. Через один-два года, когда компоненты прививки срастутся, привой отделяют от материнского растения.

Рисунок 3 – Сближение веток вприклад, *a* – глазок.

3.2 Способ ментора

Метод воспитания под воздействием органического питания широко применялся И.В. Мичуриным и назван им способом ментора.

Способ ментора заключается в прививке в крону молодого (3–5 лет) сеянца черенка с плодоносящего дерева. Сеянец под влиянием привитого на него сорта – ментора в следующие два года приносит плоды. Применяя этот способ, можно не только ускорять, но и повышать плодоношение.

Для наибольшего влияния подвоя на привой и обратно И.В. Мичурин рекомендует регулировать листовую поверхность у привитых компонентов, т.е.

удалять часть листьев у того прививочного компонента, который хотят изменить, с тем, чтобы принудить его питаться пластическими веществами другого компонента. И таким образом направить развитие того или иного признака в желательную сторону.

Из учения о менторах непосредственно вытекает другой метод, метод вегетативного сближения, который широко использовался и может быть применен для получения гибридов при отдаленной гибридизации. Метод вегетативного сближения основан на том, что, если черенки одного вида привить к растению другого (не скрещивающегося половым путем с первым видом), а молодые черенки второго вида привить к первому, привитые компоненты путем взаимовлияния так перестроят свою воспроизводительную систему, что способны будут скрещиваться между собой.

Способы менторов и вегетативного сближения И.В. Мичурин применял главным образом к плодовым растениям, но они вполне могут быть использованы также для других древесных пород и, в частности, для хвойных.

3.3 Самопрививки

Самопрививкой у растений называются случаи срастания в естественных условиях (без вмешательства человека) или отдельных частей одного организма, или двух рядом растущих организмов одного и того же вида, а иногда и разных. Самопрививки лиственных древесных пород – явление довольно распространённое. Классический пример весьма легкого срастания ветвей и стеблей одного и того же дерева в местах соприкосновения их можно наблюдать у железного дерева (*Parrotia persica*).

Самопрививки у хвойных деревьев зарегистрированы значительно реже и поэтому они наиболее интересны.

В «Лесном журнале» (1878 г.) приведено описание кедров, выросших на живой сосне. Из ствола сосны, на расстоянии 6 м от земли, с двух сторон выходят в виде сучьев два кедра, имеющие прекрасный рост и густую хвою. Оба кедра ежегодно приносят кедровые шишки. Вначале сосна имела прекрасный рост и в столетнем возрасте достигала 22 м высоты при толщине в диаметре на высоте

груди 48 см. а немного выше места сращения – всего 28 см. Диаметр кедров при основании равнялся 16 см.

В 1939 г. в газете «Уральский рабочий» (21 февраля) помещена заметка, содержащая в себе описание двух сосново-кедровых гибридов. Один гибрид представляет собой «ствол и сучья до высоты 3–4 метра сосновые, а выше кедровые, с кедровыми шишками и орехами. Второй интересный гибрид – половина ствола от корня – сосна, а выше дерево разветвляется на два: одно ветвление сосна, другое кедр. Обе части имеют разные шишки и семена».

Несколько деревьев – самопрививок сосны с кедром – произрастает сейчас на Урале. За ними наблюдают, и они охраняются от повреждений.

Большой научный и практический интерес представило бы скрещивание на описанных прививках сосны с кедром, поскольку описанные самопрививки служат хорошим примером разработанного И.В. Мичуриным метода вегетативного сближения, весьма действенного при отдаленных межвидовых скрещиваниях.

Явление самопрививок наблюдается и у других хвойных пород. Н.П. Кренке описывает случай срастания елей. На двадцатом году жизни, росшие рядом стволы, срослись в нижних своих частях. Произошло это потому, что камбий в месте повреждения откладывал общие годовичные кольца. Таким образом, бывшие раздельными, хотя и тесно прижатые, стволы оказались охваченными общим, выросшим от сращения, кольцом камбия.

У пихты кавказской часто наблюдаются случаи срастания корней. Благодаря такому сращению, у пихты остается после срубki «живой пень». Нормальный пень срубленной пихты, как у большинства хвойных умирает. В данном же случае пень, получающий органическое питание от соседней пихты через сращенные с ней корни, продолжал откладывать новые годовичные кольца, не давая никакой поросли. В свою очередь, пень подкармливал соседку минеральной пищей, т.е. корни пня не только не умерли, но даже давали новые почки. Массовое срастание корней сосен и елей часто можно видеть в чистых еловых и сосновых насаждениях.

Примеры самопрививок, наблюдающиеся среди хвойных древесных пород, служат прекрасным доказательством возможности прививок не только внутривидовых, но и межвидовых. Прививки хвойных пород могут быть использованы для размножения редких экземпляров.

Явления самопрививки у хвойных пород в естественных условиях указывают на возможность срастания этих объектов в условиях искусственных. Способность ветвей и стебля срастаться при соприкосновении, даже без вмешательства человека, давно используется практикой. Существует много способов прививки хвойных, которые в деталях несколько отличаются от способов прививок лиственных пород.

3.4 Инструменты, используемые при прививке

Инструменты, употребляемые при прививках, немногочисленны.

К ним должны быть отнесены: окулировочный нож, нож для копулировки (прививки), садовый нож и садовые ножницы.



Ножницы садовые

Секатор (Фортуна) – 3921



Ножницы
кустарниковые

Ножовка

Нож
окулировочный (НО)

Окулировочный нож используется главным образом при окулировке. Основные требования, которым должен отвечать окулировочный нож, состоят в том, чтобы верхняя часть лезвия была закруглена и остро отточена. Копулировочный – прививочный нож имеет прямое лезвие и трехгранный, суживающийся книзу черенок.

Садовый нож служит для подчистки подвоев, срезки сучков и веток и для сглаживания порезов, делается с закругленным клинком и ручкой. Ручка книзу утолщена и хорошо держится при работе в руке.

Садовые ножницы служат для срезывания черенков с маточного дерева и для подрезки прививаемых частей толщиной больше 2–3 см. Клинок садовых ножниц не должен быть закругленным и остроконечным. Но как бы ни была совершенна конструкция ножниц, они всегда в большей или меньшей степени сдавливают стебель, а потому срезы, в особенности на ветках, предназначенных для прививки, необходимо после ножниц подчищать ножом.

Для предохранения прививок от доступа воздуха, высыхания и загнивания, а также для того, чтобы привой и подвой плотнее прилегли друг к другу, место прививки туго обвязывается мочалом, обязательно влажным. Влажность способствует большей эластичности мочала, которое плотнее прилегает к месту прививки. Чтобы при обвязке прививки не внести какой-либо инфекции, мочало нужно промыть и прокипятить в воде. Поверх мочала накладывается садовый клей. Существует много способов и рецептов приготовления садового вара. Хорошей замазкой является «мастика» из смеси еловой или сосновой смолы, бараньего жира, золы и спирта.

Лучшим варом для замазки прививок хвойных пород считается состав из: канифоли – 1 кг, воска – 0,4 кг, рыбьего жира – 0,25 кг и винного спирта-100 см³. Этот вар совершенно безвреден для дерева, хорошо намазывается и ложится при употреблении, не стекает от солнечного припека, обладает большой эластичностью и не трескается от мороза. В некоторых случаях, когда требуется частое ослабление повязки, хорошо применять изоляционную ленту без обмазки

ее варом. Для этой же цели прекрасным материалом является медицинский лейкопластырь, который легко достать в любой аптеке.

4 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

4.1 Общие методические рекомендации

Самостоятельная работа студентов является важным способом овладения знаниями по дисциплине. Для обеспечения качественного изучения современных методов и направлений деятельности в качестве самостоятельной работы предусмотрено написание контрольной работы.

Цель контрольной работы – выявить степень усвоения теоретического материала и умение применять полученные знания в решении практических задач лесного хозяйства.

При выполнении самостоятельной работы студенты должны использовать учебно-методические материалы по дисциплине, специальную литературу, периодические издания: Лесоведение и лесоводство, Лесная таксация и лесоустройство, Лесохозяйственная информация, Лесной журнал, Леса России и хозяйство в них, Лесной вестник. Forest Bulletin, Лесотехнический журнал, Лесоведение, Леспроминформ, Forest Ecology and Management, Forest Policy and Economics и др., а также предметный каталог научной библиотеки университета.

4.2 Требования к оформлению

Ответы на вопросы должны быть краткими и конкретными, отражать главное, существенное. Недопустимо механическое копирование текста учебных и методических пособий.

Текст печатается согласно соответствующим требованиям: формат страницы А4, соблюдая следующие размеры полей: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту 1,25 см. Шрифт – ХО Thames, кегль 14, межстрочный интервал – полуторный.

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения. Номер страницы проставляется в центре нижней части страницы без точки. Приложения, которые

приведены и имеющие собственную нумерацию, допускается не перенумеровывать. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей работы, обозначенные арабскими цифрами без точки и расположенные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой.

Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки. При ссылке следует печатать слово «таблица» с указанием ее номера. Наименование таблицы, при ее наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Наименование следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в следующем формате: Таблица Номер таблицы – Наименование таблицы. Наименование таблицы приводят с прописной буквы без точки в конце. Если наименование таблицы занимает две строки и более, то его следует записывать через один межстрочный интервал. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица», ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова «Продолжение таблицы» и указывают номер таблицы. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номерами граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в работе непосредственно после текста, где они упоминаются впервые, или на следующей странице (по возможности ближе к соответствующим частям текста). На все иллюстрации в

работе должны быть даны ссылки. При ссылке необходимо писать слово «рисунок» и его номер, например, «в соответствии с рисунком 2» и т. д.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок», его номер и через тире наименование помещают после пояснительных данных и располагают в центре под рисунком без точки в конце.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (x), деления (:) или других математических знаков. На новой строке знак повторяется. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «X». Ссылки в отчете на порядковые номера формул приводятся в скобках: в формуле (1).

Выравнивание текста – по ширине. Работа скрепляется по левому краю. Ссылки на литературные источники в квадратных скобках – цифрами: [1]. Недопустимо механическое копирование текста. На титульном листе (приложение 1) и в конце работы ставится подпись студента.

Объем контрольной работы не менее 15-20 страниц печатного текста, включая титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение и библиографический список (список литературных источников). Ссылки на библиографические источники обязательны в тексте в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018.

Вне зависимости от способа выполнения работы качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц, распечаток должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

Вопросы для контрольной работы студенты выбирают по варианту (приложение 2).

4.3 Вопросы контрольной работы

Теоретическая часть

1. Лесная селекция как наука, история развития.
2. Направления и задачи лесной селекции.
3. Генетические основы селекции: изменчивость и наследственность.
4. Понятие биотип, климатип, экотип, значение в селекции (на основе примеров древесных растений).
5. Исходный материал для селекции, значение, способы создания.
6. Интродукция, значение для селекции (виды-интродуценты в сибирском регионе, характеристика и значение для селекции).
7. Исходный материал в селекции, методы создания.
8. Методы сохранения генетического материала (генофонда) древесных растений.
9. Сорт. Классификация сортов, использование в селекции
10. Методы лесной селекции.
11. Массовый отбор. Теория массового отбора и применение в лесной селекции.
12. Отбор климатипов и эдафотипов.
13. Отбор плюсовых насаждений и деревьев.
14. Индивидуальный отбор.
15. Гибридизация в лесной селекции.
16. Методы и техника гибридизации (на примере отдельных видов древесных растений).
17. Гетерозисная селекция.
18. Экспериментальный мутагенез в селекции лесных древесных растений.
19. Физические и химические методы получения мутантов.
20. Экспериментальная полиплоидия лесных древесных пород.
21. Селекция методом культуры клеточных тканей и клеток.
22. Генетическая оценка селекционного материала.
23. Генетическая оценка деревьев по комбинационной способности.

24. Генетическая оценка плюсовых деревьев по потомству.
25. Оценка наследования количественных признаков.
26. Испытательные культуры плюсовых деревьев, элитные деревья.
27. Основные схемы испытательных культур.
28. Сортоизучение и сортоиспытание лесных древесных пород.
29. Учет лесных селекционно-семеноводческих объектов.
30. Классификация лесосеменных плантаций (ЛСП).
31. Требования к участкам для закладки ЛСП.
32. Клоновые ЛСП.
33. Способы и техника прививки лесных древесных пород (на примере хвойных пород).
34. Способы и техника прививки лесных древесных пород (на примере лиственных пород).
35. Понятие о плюсовом дереве, плюсовом насаждении.
36. Постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ).
37. Временные лесосеменные участки (ВЛСУ).
38. Географические культуры. Использование географической изменчивости в лесной селекции.
39. Селекция основных хвойных пород в России.
40. Селекция основных лиственных пород в России.

Практическая часть

Рассчитать коэффициент наследуемости (H^2) признака длина хвои сосны кедровой сибирской в экспериментальной популяции, состоящей из трех клонов (приложение 3). Сделать вывод о наследовании признака.

Используемые формулы (1, 2, 3):

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (1)$$

S^2 - дисперсия; x_i – значение признака; \bar{x} – среднее значение признака; n – объем выборочной совокупности

$$H^2 = \frac{S_{ph}^2 - S_e^2}{S_{ph}^2} \quad (2)$$

S_{ph}^2 – фенотипическая дисперсия; S_e^2 – экологическая дисперсия

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3)$$

x_i – значение признака; \bar{x} – среднее значение признака; n – объем выборочной совокупности

Пример решения задачи.

Вариант 0		
Клон 1	Клон 2	Клон 3
10,6	9,6	13,6
10,7	10,0	13,4
10,6	12,5	13,4
10,7	12,4	13,0
10,8	12,5	13,9
10,6	10,1	13,4
10,0	11,9	12,7
10,4	10,0	13,1
10,1	11,1	13,3
10,7	11,2	13,9
11,0	9,5	13,8
13,5	9,6	13,2
13,6	9,8	13,2
13,3	9,6	13,3
13,5	9,5	13,1

Расчет экологической дисперсии

Клон 1	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	Клон 2	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	Клон 3	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
10,6	-0,7	0,5	9,6	-1,0	1,0	13,6	0,2	0,1
10,7	-0,6	0,4	10,0	-0,6	0,4	13,4	0,0	0,0
10,6	-0,7	0,5	12,5	1,9	3,5	13,4	0,0	0,0
10,7	-0,6	0,4	12,4	1,8	3,2	13,0	-0,4	0,1
10,8	-0,5	0,3	12,5	1,9	3,5	13,9	0,5	0,3
10,6	-0,7	0,5	10,1	-0,5	0,3	13,4	0,0	0,0

10,0	-1,3	1,8	11,9	1,3	1,6	12,7	-0,7	0,4
10,4	-0,9	0,9	10,0	-0,6	0,4	13,1	-0,3	0,1
10,1	-1,2	1,5	11,1	0,5	0,2	13,3	-0,1	0,0
10,7	-0,6	0,4	11,2	0,6	0,3	13,9	0,5	0,3
11,0	-0,3	0,1	9,5	-1,1	1,3	13,8	0,4	0,2
13,5	2,2	4,7	9,6	-1,0	1,0	13,2	-0,2	0,0
13,6	2,3	5,1	9,8	-0,8	0,7	13,2	-0,2	0,0
13,3	2,0	3,8	9,6	-1,0	1,0	13,3	-0,1	0,0
13,5	2,2	4,7	9,5	-1,1	1,3	13,1	-0,3	0,1
Ср. значение		Сумма	Ср. значение		Сумма	Ср. значение		Сумма
11,3		25,8	10,6		19,8	13,4		1,6

$$S^2_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{25,8}{14} = 1,84$$

$$S^2_2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{19,8}{14} = 1,41$$

$$S^2_3 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{1,6}{14} = 0,11$$

$$S^2_e = \frac{S^2_1 + S^2_2 + S^2_3}{n_{S^2}} = \frac{1,84 + 1,41 + 0,11}{3} = 1,12$$

Расчет фенотипической изменчивости

Длина хвои, см	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
10,6	-1,2	1,4
10,7	-1,1	1,1
10,6	-1,2	1,4
10,7	-1,1	1,1
10,8	-1,0	0,9
10,6	-1,2	1,4
10,0	-1,8	3,1
10,4	-1,4	1,9
10,1	-1,7	2,8
10,7	-1,1	1,1
11,0	-0,8	0,6
13,5	1,7	3,0
13,6	1,8	3,3
13,3	1,5	2,3
13,5	1,7	3,0
9,6	-2,2	4,7
10,0	-1,8	3,1
12,5	0,7	0,5
12,4	0,6	0,4

12,5	0,7	0,5
10,1	-1,7	2,8
11,9	0,1	0,0
10,0	-1,8	3,1
11,1	-0,7	0,5
11,2	-0,6	0,3
9,5	-2,3	5,2
9,6	-2,2	4,7
9,8	-2,0	3,9
9,6	-2,2	4,7
9,5	-2,3	5,2
13,6	1,8	3,3
13,4	1,6	2,7
13,4	1,6	2,7
13,0	1,2	1,5
13,9	2,1	4,5
13,4	1,6	2,7
12,7	0,9	0,9
13,1	1,3	1,8
13,3	1,5	2,3
13,9	2,1	4,5
13,8	2,0	4,1
13,2	1,4	2,0
13,2	1,4	2,0
13,3	1,5	2,3
13,1	1,3	1,8
<i>Ср. значение</i>		<i>Сумма</i>
11,8		107,4

$$S^2_{ph} = \frac{107,4}{44} = 2,44$$

$$H^2 = \frac{2,44 - 1,12}{2,44} = 0,54$$

Сделать вывод о наследуемости признака.

Если $H^2 > 0,5$ (50 %), то признак обусловлен генетически.

Если $H^2 < 0,5$ (50 %), то признак обусловлен условиями внешней среды.

Список литературы

1. Ирошников А.И. Селекция хвойных пород Сибири / А.И. Ирошников. Институт леса и древесины. Красноярск, 1978. –180 с.
2. Любавская А.Я. Лесная селекция и генетика / А.Я. Любавская. М.: Лесн. промышленность, 1982. –230 с.
3. Погиба С. П. Методы количественной генетики в лесной селекции: метод. рекомендации / С. П. Погиба, Г. А. Курносов, Е. В. Казанцева. М. : МГУЛ, 2003. –32 с.
4. Туркин А. А. Региональная методика закладки и оценки испытательных культур плюсовых деревьев сосны, ели и листвен-ницы в Республике/ А. А. Туркин. – Сыктывкар: Ин-т биологии Коми НЦ – 20 с.
5. Царев А. П. Селекция и репродукция лесных древесных пород / А. П. Царев, С. П. Погиба, В. В. Тренин. – М. : Логос, 2003. – 520 с.

Словарь терминов

Анализирующее скрещивание – это скрещивание формы с доминантным признаком и формы с гомозиготным рецессивом.

Биотип – группа организмов, входящих в состав местной популяции, имеющих одинаковый генотип и сходных практически по всем признакам.

Возвратные скрещивания (беккросс) – это такие скрещивания, при которых гибрид повторно скрещивается с одним из родителей.

Географические культуры – это искусственные насаждения древесных и кустарниковых растений, созданные из семенного или кленового материала различного географического происхождения, выращиваемого в одинаковых условиях выровненного экофона, с целью изучения их географической изменчивости, селекционной ценности и адаптационных возможностей.

Гетерозис – увеличение размеров и мощности гибридов по сравнению с родительскими формами.

Гибрид – это гетерозиготная особь, возникающая в результате скрещивания генетически различных родительских форм или генотипов, т.е. любой гетерозиготный организм, независимо от его происхождения.

Гибридизация – получение новых комбинации генов, которые не встречаются в исходном родительском материале.

Диаллельные скрещивания – простые скрещивания, при котором каждая испытываемая линия, форма или сорт скрещивается со всеми другими линиями или сортами во всех возможных комбинациях.

Изменчивость – свойство организмов нарушать однообразие особей в процессе размножения и индивидуального развития.

Инбридинг – форма гомогамии, скрещивание близкородственных форм в пределах одной популяции организмов.

Инвазионный вид (инвазивный вид) – распространившийся в результате деятельности человека биологический вид, распространение которого угрожает биологическому многообразию.

Индивидуальный отбор – метод основанный на оценке генотипа.

Инконгруэнтные скрещивания – скрещивания между отдельными видами или близкими родами.

Интродукция – это целенаправленная деятельность человека по введению в культуру в данном естественноисторическом районе растений (родов, видов, подвидов, сортов и форм), ранее не произраставших или перенос их из местной флоры.

Клон – это генетически однородное потомство одного вегетативно растения.

Конгруэнтные скрещивания – скрещивания внутри ботанических видов или между близкими видами.

Конвергентные скрещивания – разновидность насыщающего скрещивания, в котором гибриды первого поколения скрещиваются в двух направлениях: одни – с отцовской формой, другие – с материнской.

Климатип – растения одного вида, но различающиеся по отношению к климату.

Лузусы – формы, отличающиеся какими-либо признаками, но не обладающие определенным ареалом или не относящиеся к определенным экотипам.

Массовый отбор – метод отбора по внешним, фенотипическим характеристикам.

Минусовые деревья – это низкокачественные с различными пороками и дефектами деревья верхнего яруса, а также деревья, отставшие в росте и имеющие высоту и диаметр в одновозрастном насаждении менее 80% от среднего или усыхающие.

Мутация – явление скачкообразного, прерывистого изменения наследственного признака.

Наследственность – свойство живых организмов закреплять, сохранять в поколениях возникающие изменения или новообразования.

Насыщающие скрещивания – скрещивания, при которых признаки и свойства одного из родителей почти полностью вытесняются за исключением немногих генов.

Нормальные деревья – это деревья, составляющие основную часть насаждения, хорошие и средние по росту, качеству и состоянию.

Общая комбинационная способность – среднее значение показателя потомства отдельного дерева, когда оно скрещивается со множеством других деревьев.

Подвой – растение, на которое производится прививка.

Поликроссы (множественные скрещивания) – это сложные скрещивания, когда материнское растение опыляется смесью пыльцы нескольких видов и сортов.

Популяция – форма жизни отдельного вида живых организмов в конкретных условиях среды их обитания.

Плюсовые деревья – это деревья, значительно превосходящие по одному или комплексу хозяйственно ценных признаков и свойств окружающие деревья одного с ними возраста и фенологической формы, растущие в тех же условиях.

Прививка растений – это способ получения организмов, которые состоят из двух различных индивидуумов.

Привой – часть растения, отделённая от маточного растения и привитая на другое растение или часть растения (подвой), являющаяся носителем видовых и сортовых признаков и свойств маточного растения.

Простые скрещивания – однократные скрещивания между двумя родительскими формами.

Реципрокные скрещивания – простые скрещивания, при которых каждый из двух сортов или видов в одном случае является материнской формой, во втором – отцовской.

Селекционный улучшенный материал – это совокупность растений, отличающаяся улучшенными хозяйственно ценными особенностями, константность и наследование которых неизвестны.

Селекция – наука, изучающая биологические основы и разрабатывающая методы создания и улучшения пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов.

Сложные скрещивания – скрещивания, когда в гибридизацию вовлекается более двух родительских форм или, когда гибридное потомство повторно скрещивается с одним из родителей.

Сорт – группа растений, которая независимо от охраноспособности определяется по признакам, характеризующим данный генотип или комбинацию генотипов и отличается от других групп растений того же ботанического таксона одним или несколькими признаками.

Специфическая комбинационная способность – среднее значение оценки потомства, полученного от скрещивания двух определенных родителей, которое отличается от значения, ожидающегося, если учитывать только их ОКС.

Ступенчатые скрещивания – скрещивание, при котором полученный от простого скрещивания гибрид повторно скрещивается не с родительской формой, а с третьим сортом или видом растений, затем с четвертым и т.д.

Фенотип – совокупность признаков и свойств организма, реализованных в конкретных условиях среды в ходе его развития.

Формы – группы деревьев в пределах одного вида, отличающиеся от основного вида по строению отдельных органов.

Ценотипы – группы видов растений со сходным изменением их ценотической значимости в зависимости от условий произрастания или особенностей их жизненного цикла.

Эдафотип – растения одного вида, но различающиеся по отношению к почвенным условиям.

Экзот – вводимый вид растения для конкретного географического района.

Экотипы – наборы биотипов, отвечающие определенным условиям существования, включающие климатипы, эдафотипы, ценотипы.

Образец оформления титульного листа

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Агрономический факультет
Кафедра лесного хозяйства

Контрольная работа
Лесная селекция

Выполнил: _____
(Ф.И.О., подпись)

Проверил: _____
(Ф.И.О., подпись)

Новосибирск 202_

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

	Первая буква фамилии																			
Последняя цифра зачетной книжки		А	Б	В	Г Д	Е (Ё)	Ж З	И (Й)	К	Л	М	Н	О	П	Р	С Т	У Ф Х	Ц Ч	Ш Щ Э	Ю Я
	0	1, 29	14, 34	18, 40	5, 32	10, 35	8, 30	4, 31	16, 30	24, 37	10, 39	16, 38	9, 30	17, 39	1, 38	6, 30	22, 40	8, 33	21, 30	12, 38
	1	21, 35	2, 36	15, 38	17, 34	27, 37	14, 39	26, 32	3, 33	11, 36	17, 29	8, 40	15, 35	10, 33	21, 40	2, 37	13, 30	21, 38	18, 37	7, 30
	2	10, 34	22, 35	3, 31	26, 37	16, 40	24, 36	2, 39	7, 34	18, 36	1, 24	28, 38	12, 39	14, 34	22, 36	3, 39	17, 40	14, 33	5, 36	6, 36
	3	6, 37	20, 31	25, 37	4, 39	17, 32	15, 35	9, 40	11, 30	26, 38	14, 37	13, 32	20, 31	7, 32	13, 33	12, 40	16, 38	4, 33	8, 35	9, 38
	4	9, 36	24, 38	28, 34	12, 40	5, 30	8, 29	20, 34	6, 29	23, 30	1, 36	19, 39	9, 37	17, 35	20, 36	15, 38	13, 30	19, 39	5, 35	8, 32
	5	23, 35	8, 32	15, 33	1, 36	28, 40	6, 38	5, 34	14, 38	27, 40	18, 30	2, 38	6, 35	21, 36	14, 38	22, 37	12, 39	14, 35	25, 37	6, 29
	6	11, 38	23, 39	7, 35	19, 38	21, 32	4, 30	7, 40	23, 39	13, 37	26, 31	12, 35	3, 37	13, 37	25, 38	18, 29	20, 31	4, 36	15, 40	7, 33
	7	6, 30	13, 38	4, 34	22, 37	10, 38	18, 29	13, 32	8, 34	15, 33	12, 37	25, 39	5, 38	4, 39	9, 35	21, 39	14, 33	7, 36	10, 31	8, 37
	8	25, 30	5, 29	23, 36	2, 48	19, 33	23, 36	17, 40	28, 32	9, 30	1, 33	11, 34	24, 35	10, 39	22, 29	3, 34	6, 31	21, 32	3, 38	7, 36
	9	14, 35	24, 38	1, 39	22, 35	21, 39	10, 33	20, 34	19, 29	14, 38	16, 34	2, 37	20, 31	23, 30	15, 34	5, 38	25, 39	2, 34	20, 38	8, 32

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3			Вариант 4			Вариант 5		
Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3
10,6	9,6	13,6	12,2	10,6	12,6	14,2	12,4	14,4	13,9	14,7	13,3	13,5	14,6	10,7
10,7	10,0	13,4	12,0	10,5	12,9	14,4	12,3	14,2	14,0	14,9	13,2	13,5	14,7	10,9
10,6	10,1	13,4	12,3	10,7	13,0	14,3	12,1	14,2	13,7	14,7	13,6	13,2	14,9	10,8
10,7	9,8	13,5	12,1	10,7	12,9	14,5	12,4	14,1	13,4	14,6	13,2	13,3	14,5	10,6
10,7	9,6	13,4	12,0	10,6	13,0	14,3	12,4	14,1	14,2	14,7	13,3	13,0	14,3	10,7
12,5	11,2	13,8	10,1	11,1	15,0	9,8	11,1	10,6	12,6	13,0	12,9	10,4	11,4	10,3
12,6	11,3	13,9	10,2	11,1	15,1	9,7	11,0	10,5	12,5	13,9	12,6	10,3	11,3	10,5
12,7	11,3	13,8	10,1	11,1	15,0	9,5	11,0	10,7	12,5	13,4	12,1	10,3	11,5	10,3
12,5	11,1	13,7	10,3	11,6	15,0	10,0	11,6	10,4	12,7	12,7	12,3	14,7	11,5	10,4
12,5	11,2	13,9	10,2	11,0	14,9	9,5	14,2	14,6	12,4	13,1	12,2	10,9	11,2	10,4
13,7	9,5	13,8	14,1	11,3	11,3	14,7	14,1	14,5	12,3	13,3	11,8	14,5	14,3	11,5
13,5	9,6	13,2	14,3	11,1	12,4	14,6	14,0	14,3	12,3	13,5	12,9	14,6	14,1	11,4
13,6	9,6	13,2	14,0	11,2	11,8	14,8	14,2	14,2	13,8	14,2	12,0	14,6	14,2	11,2
13,7	9,6	13,2	14,1	11,5	12,5	14,6	13,8	14,3	14,0	13,9	11,6	13,9	14,2	11,3
13,5	9,5	13,1	14,3	10,9	12,4	14,6	14,0	14,1	12,5	15,0	11,6	13,4	14,4	11,3
Вариант 6			Вариант 7			Вариант 8			Вариант 9			Вариант 10		
Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3
10,7	13,9	13,7	10,1	14,3	11,0	10,6	13,6	10,6	11,2	14,3	10,7	10,0	12,4	9,9
10,7	14,0	13,9	10,2	14,2	11,1	10,8	13,7	10,7	11,3	14,5	10,6	9,9	12,6	9,8
10,7	13,9	13,8	10,2	14,3	10,8	10,5	13,6	10,8	11,2	14,4	10,5	9,7	12,5	8,9
10,3	13,8	13,4	10,3	14,1	10,9	10,6	13,6	10,6	11,0	14,3	10,6	9,5	12,4	9,7
10,0	13,4	13,7	10,4	14,2	10,8	10,5	13,4	10,0	11,4	14,5	10,3	9,7	12,5	10,1
12,2	14,2	13,2	11,5	13,6	11,3	12,6	13,5	10,4	11,4	12,7	10,5	9,9	10,1	10,0
12,4	12,6	12,9	11,3	13,8	11,2	12,5	11,1	10,1	12,0	13,1	10,5	10,1	11,9	9,8
12,0	13,1	13,5	11,3	13,7	11,4	12,5	11,6	10,7	12,6	12,4	10,1	12,9	10,0	9,9
13,1	12,2	13,9	11,6	13,8	11,5	12,7	11,0	11,0	12,1	12,7	11,3	13,1	10,6	9,4
11,4	12,5	15,3	11,5	13,4	11,3	12,4	11,2	11,3	12,2	12,8	11,2	13,2	9,9	9,3
11,3	12,4	15,4	9,7	14,1	8,2	12,9	11,2	10,9	12,3	10,8	10,5	12,9	10,1	9,7
12,0	12,3	15,0	9,8	14,3	8,7	12,9	12,5	10,7	12,2	11,0	10,7	13,4	11,7	10,1
10,8	14,0	14,9	9,7	14,2	8,0	13,0	12,6	9,7	12,0	10,5	11,4	11,7	11,3	10,3
11,3	13,4	13,7	9,8	14,4	8,1	13,2	12,4	11,1	12,1	10,6	11,3	11,6	11,5	10,0
11,3	12,9	14,7	10,0	14,1	8,5	12,7	12,3	11,3	12,3	10,8	11,1	12,6	9,7	9,7

Вариант 11			Вариант 12			Вариант 13			Вариант 14			Вариант 15		
<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>	<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>	<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>	<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>	<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>
8,7	13,5	10,1	10,7	14,1	9,5	10,7	9,8	12,0	13,6	11,9	12,7	13,3	11,0	10,6
8,9	13,4	10,0	10,7	14,0	9,7	10,8	9,9	12,4	13,4	11,7	12,9	13,4	11,0	10,0
8,8	13,1	9,9	10,6	14,4	9,4	10,8	9,8	12,3	13,5	11,7	12,6	13,4	11,1	10,5
8,7	13,6	9,7	10,5	13,9	9,9	10,6	11,8	12,0	13,4	12,0	12,7	13,3	10,8	10,4
8,9	12,7	9,8	10,7	14,0	10,0	13,8	11,7	12,1	13,4	12,0	12,8	11,0	11,3	10,7
12,1	12,9	9,9	10,9	12,5	11,0	14,1	11,9	10,8	13,0	13,2	11,2	11,3	9,8	11,0
12,0	12,5	9,0	11,0	12,4	11,1	11,0	11,7	10,9	13,7	12,7	10,9	13,6	10,0	10,7
11,7	12,4	10,1	11,6	12,9	10,9	13,9	14,5	11,0	13,0	13,1	11,2	11,2	9,9	9,9
10,9	11,3	8,9	11,5	11,7	10,4	14,0	14,3	10,7	13,3	11,7	10,9	11,0	10,1	10,4
11,9	11,8	11,2	12,9	13,0	11,0	10,1	13,3	10,7	13,1	11,8	11,1	11,1	11,6	10,5
11,9	11,9	10,7	12,0	10,1	10,4	10,0	14,0	11,0	13,2	11,6	12,8	10,9	11,4	10,1
14,8	11,3	11,0	11,8	12,5	10,5	10,2	14,5	11,3	13,5	11,8	12,8	11,8	11,6	10,1
14,9	13,6	10,4	13,0	10,0	9,7	13,4	14,6	10,9	13,3	13,2	12,9	10,8	11,4	10,9
12,0	12,0	9,9	12,3	11,7	10,9	12,3	14,5	12,0	13,5	11,6	11,7	10,8	11,3	10,4
9,0	12,8	10,0	11,9	11,4	11,0	11,0	10,8	12,3	13,4	11,0	11,9	11,1	11,8	9,7
Вариант 16			Вариант 17			Вариант 18			Вариант 19			Вариант 20		
<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>	<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>	<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>	<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>	<i>Клон 1</i>	<i>Клон 2</i>	<i>Клон 3</i>
12,2	10,9	11,5	12,5	12,0	10,8	10,1	14,4	12,0	10,6	11,9	10,2	10,5	7,6	11,6
12,1	11,2	11,4	12,6	12,1	10,7	9,9	14,5	12,1	10,7	12,0	10,2	10,4	7,9	11,5
12,1	10,9	11,6	12,5	11,9	10,5	10,0	14,2	12,3	10,5	11,9	9,8	10,3	7,4	11,1
12,0	11,0	11,0	12,6	12,1	10,6	9,8	14,4	12,2	10,6	11,7	9,1	10,4	7,7	11,4
10,2	9,7	11,4	12,7	12,1	11,2	10,3	14,0	12,1	10,7	11,8	10,3	10,4	7,8	11,0
10,1	11,0	11,5	11,9	11,8	11,1	11,4	14,3	11,9	10,8	10,0	10,1	11,0	10,1	11,6
11,0	10,0	11,5	11,0	11,9	11,3	11,3	11,7	11,0	10,8	10,9	11,3	11,3	9,7	10,9
10,9	9,8	9,9	10,9	11,7	11,7	11,5	11,6	11,1	11,0	9,7	11,0	11,0	9,8	10,8
9,3	9,9	10,6	10,7	12,0	9,9	11,4	11,6	6,9	11,1	10,2	10,8	12,0	10,0	11,1
9,6	10,4	11,0	11,2	11,6	10,2	11,2	11,7	10,0	10,7	10,5	12,7	12,2	8,7	10,3
9,9	10,1	9,7	11,1	12,4	10,0	10,9	12,0	6,9	9,9	12,7	12,6	12,2	10,2	11,2
10,8	10,2	8,9	11,2	11,7	10,1	10,1	12,1	7,9	11,3	12,9	9,6	12,1	10,0	10,1
10,0	9,3	11,5	11,2	11,5	10,0	10,6	12,3	9,4	11,5	12,7	9,9	10,9	9,9	11,0
9,6	9,2	11,7	12,0	11,6	11,0	10,4	12,1	10,1	11,5	12,4	9,8	12,0	10,0	11,3
9,6	9,2	11,0	10,9	11,1	10,7	10,4	11,9	11,1	11,4	12,6	10,0	12,3	9,8	10,9

Вариант 21			Вариант 22			Вариант 23			Вариант 24			Вариант 25		
Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3
10,5	11,5	11,8	10,8	11,1	11,7	10,9	12,4	12,0	9,0	10,4	9,7	9,2	11,7	9,3
10,4	11,5	11,9	10,7	11,3	12,0	10,7	12,2	11,7	9,1	10,3	9,1	9,3	11,4	9,4
10,3	11,7	12,1	10,8	11,0	11,6	10,5	12,3	11,8	8,9	11,0	9,1	9,0	11,9	9,1
10,1	11,4	12,0	10,7	10,9	11,8	11,1	12,4	11,4	8,7	10,2	9,8	8,8	11,6	9,5
10,3	11,7	12,1	10,8	11,3	11,7	11,0	12,7	11,2	9,9	10,3	10,2	8,7	11,0	10,1
11,0	11,6	10,6	9,7	10,0	11,0	10,9	11,4	11,8	10,1	9,9	10,3	9,1	11,3	10,5
11,0	11,5	10,6	9,8	10,4	11,1	10,1	11,9	9,8	10,5	10,4	10,1	8,4	11,4	10,3
11,1	11,3	10,7	10,0	10,0	11,0	10,2	11,4	9,5	10,4	10,1	10,3	8,7	11,3	10,6
12,2	11,8	10,8	9,9	10,7	10,9	10,0	11,7	9,7	10,6	10,0	9,5	8,3	9,8	9,8
12,1	11,7	13,6	9,7	11,2	11,4	9,9	11,7	11,6	10,7	10,2	9,7	9,2	11,0	9,9
10,9	11,5	13,9	9,7	11,0	11,2	10,8	13,3	10,9	10,6	10,4	9,4	8,4	9,6	10,6
11,0	11,7	10,7	9,8	11,4	11,0	10,7	13,4	10,5	9,5	10,3	9,6	9,1	9,7	10,4
12,3	11,9	13,8	11,7	11,4	12,0	10,0	11,8	11,6	9,7	9,7	10,0	8,9	10,9	10,0
12,3	11,7	14,0	11,9	10,9	11,4	10,8	13,4	11,4	10,0	10,2	9,7	8,5	11,5	10,6
12,0	11,5	13,9	11,8	11,2	11,2	10,4	13,3	11,5	10,8	10,7	9,8	8,7	9,9	10,1
Вариант 26			Вариант 27			Вариант 28			Вариант 29			Вариант 30		
Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3	Клон 1	Клон 2	Клон 3
10,0	9,9	12,0	13,0	12,5	9,4	11,5	10,8	11,7	10,3	12,2	10,8	12,4	10,1	13,4
9,9	9,9	12,1	12,8	12,3	9,3	11,5	10,6	11,9	10,4	12,3	10,3	12,2	10,5	13,1
9,8	10,3	11,9	12,8	12,5	9,3	11,1	10,9	12,3	10,3	12,3	11,7	12,3	11,7	13,6
10,1	9,8	12,3	13,1	11,9	9,5	11,4	10,8	12,0	10,4	12,2	12,1	12,4	12,0	11,0
10,5	10,7	11,7	12,7	11,4	9,1	11,0	10,4	11,5	10,4	12,0	11,9	12,7	11,9	13,9
11,7	10,6	11,8	11,9	11,8	9,7	12,0	10,9	10,3	7,9	12,5	10,4	12,0	9,3	14,0
12,0	10,7	11,7	10,7	12,4	10,0	12,4	11,0	12,4	8,2	10,3	10,8	12,1	9,4	11,1
11,8	11,0	11,7	10,3	10,9	10,2	12,7	11,3	10,4	7,8	11,9	11,8	10,6	9,1	12,2
12,0	10,4	11,9	10,8	11,7	11,4	12,6	10,4	9,9	7,9	11,4	11,7	10,6	9,5	12,1
11,5	10,2	12,0	11,0	11,2	9,7	12,5	10,5	11,0	10,1	9,9	12,4	10,7	10,1	10,9
11,9	10,8	12,1	10,9	11,5	11,3	11,0	10,3	12,1	10,2	10,5	10,5	11,0	9,9	12,0
11,1	9,9	12,0	10,7	11,3	11,0	11,6	10,4	12,2	7,8	10,3	10,7	11,3	9,9	12,1
12,0	11,2	12,3	12,7	11,7	10,7	11,1	10,2	11,7	10,1	10,0	10,8	11,4	10,3	12,3
11,4	10,7	11,9	13,0	12,5	10,8	11,3	10,2	12,0	8,0	11,4	11,8	11,3	9,8	12,1
11,0	10,4	11,8	12,8	11,0	9,8	12,0	10,8	11,4	9,9	11,0	11,5	12,0	10,0	13,2