

Мутагенез как метод селекции

1. Классификация и свойства мутаций
2. Спонтанная и индуцированная мутации
3. Мутагены и механизмы их воздействия

- **Мутагенез** – процесс возникновения наследственных изменений (мутаций) под влиянием внутренних или внешних естественных (спонтанных) или искусственных (индуцированных) факторов.
- В зависимости от характера изменений мутации подразделяются:
 - на генные, геномные и хромосомные;
 - в зависимости от места возникновения
 - их подразделяют:
 - на генеративные и соматические ;
 - в зависимости от механизма воздействия на организм мутации бывают:
 - спонтанными и индуцированными.

- Основные свойства мутаций:
- мутации могут происходить у любого организма,
- на любой стадии его развития,
- в различных тканях и клетках.
- Они возникают внезапно, без всяких переходов и являются устойчивыми в ряду поколений.
- Мутации всегда случайны, разнонаправлены и не соответствуют факторам, их вызывающим

- Мутации, возникшие в половых клетках называются генеративными.
- Генеративные мутации передаются последующим поколениям в процессе полового размножения.
- Мутации, возникшие в клетках других тканей, называются соматическими.
- Возникшая соматическая мутация образует свою ткань, которая может быть обнаружена на отдельной ветке или другой части растения. Особи, несущие отдельные участки мутантной ткани, называются *мозаиками* или *химерами*

- Соматические мутации передаются следующему поколению при вегетативном размножении растения из мутированной части.
- У организмов, размножающихся исключительно половым путем, соматические мутации не играют какой либо роли в эволюции и не имеют значения в селекции.

- Спонтанные мутации.
- Мутации возникшие в природе под воздействием факторов внешней среды или в результате физиологических и биохимических изменений в самом организме без воздействия человека называются спонтанными

- Частота спонтанных мутаций варьирует очень сильно. Каждый индивидуальный ген мутирует очень редко. Однако в связи с тем, что число генов у большинства видов чрезвычайно велико, общая частота мутирования в данном поколении может быть весьма значительной

- Среди факторов среды, вызывающих мутации, для долго живущих древесных пород важное значение имеет естественный радиационный фон.
- Считается, что естественная радиация является причиной до 40-50 % спонтанных мутаций у древесных пород.

-

- Наиболее известным фенотипическим проявлением спонтанных мутаций является хлорофильные мутации (когда у растений полностью или частично не образуется хлорофилл). Половые хлорофильные мутации (альбиносы) как правило, летальны.
- Помимо хлорофильных мутаций в природе довольно часто встречаются и другие спонтанные мутации: причудливые формы ствола и типа ветвления, морфологические нарушения листьев и хвои.

- Большинство мутаций приводят к понижению жизнеспособности или вовсе летальны.
- Чаще всего мутации нарушают равновесие внутри комплекса генетической системы, сложившейся в процессе эволюции.
- Каждый вид на протяжении длительной эволюции приспособился к определенному образу жизни, в определенных условиях среды.
- Поэтому вновь возникшие мутации будут, как правило, или вредны, или по меньшей мере, менее ценными.

- Однако бываю случаи, когда мутации бывают полезными.
- Так, у некоторых злаковых и люпина найдены мутанты, которые отличались повышенной жизнеспособностью.
- Мутации у некоторых бабочек, приведшие к изменению их окраски в серый цвет, оказались благоприятными для районов с сильно развитой промышленностью, где наблюдается повышенное загрязнение воздуха..

- Возникновение мутаций всегда означает изменение нормы реакции. Поэтому новые мутации могут оказаться полезными в новых условиях среды.
- Мутации, возникшие на границах ареала данного вида, могут дать удачные изменения нормы реакции, которые позволят ему расширить ареал за счет освоения новых районов

- Все изложенное показывает, что все мутации, в том числе и вредные в данных условиях, представляют ценность в эволюционном отношении.
- Мутации создают резерв наследственной изменчивости данного вида, который позволяет виду приспособляться к меняющимся условиям среды и завоевывать новые жизненные пространства

Индуцированные мутации

- Индуцированные мутации – это мутации вызванные воздействием на организм с участием человека.
- Выделяют две большие группы мутагенов:
 - физические и химические.
 - Физические мутагены в свою очередь подразделяются:
 - на электромагнитные (рентгеновские лучи, гамма-лучи) и корпускулярные излучения (электроны, протоны, нейтроны и альфа-частицы).
 - мутагенными факторами могут служить также ультрафиолетовые лучи и резкие понижения или повышения температуры окружающей среды.

- Химические мутагены стали использоваться в селекции совсем недавно, хотя возможность получения мутаций под влиянием химических веществ была установлена еще в 1930 г.
- Характерным отличием химических мутагенов от ионизирующих излучений является то, что физические мутагены дают всегда высокий процент хромосомных нарушений,
- химические вещества ведут в основном к изменениям отдельных генов и образованию мелких нехваток хромосом, что является более ценным для селекции

Химические мутагены

- Наиболее известными химическими мутагенами являются:
- этилметансульфонат – 0,15-0,2 %,
- этиленамин – 0,001-0,005 %,
- диэтилсульфат – 0,05-0,1 %,
- нитрозометилмочевина – 0,01-0,015 %,
нитрозоэтилмочевина – 0,012 %
- Приведенные концентрации примерны и в каждом конкретном случае требуют тщательной проверки.
- Выдерживание семян в растворе мутагена не должно быть слишком коротким и слишком продолжительным. В среднем рекомендуется замачивать семена на 3-12 часов

Физические мутагены

- В действии ионизирующих излучений на древесные породы следует различать:
 - мутабельность и радиочувствительность.
 - Мутабельность – способность вида, разновидности мутировать под воздействием на него внешних факторов
 - Радиочувствительность – степень нарушения различных процессов и поражение тканей в результате влияния определенной дозы радиации.

Физические мутагены

- Радиочувствительность обычно оценивается критической дозой, т.е. дозой при которой выживает до 30-50 % растений.
- Существует понятие летальная доза, при которой наблюдается 100 % гибель растений.
- хвойные породы имеют более высокую радиочувствительность по сравнению с лиственными, особенно кедр сибирский, лиственница сибирская и сосна обыкновенная, для которых критической дозой оказались дозы 1-5 тыс р.

Физические мутагены

- Самыми устойчивыми к радиации оказались ракитники с горных склонов и барбарис амурский.
- Довольно устойчива к облучению липа крупнолистная и ясень обыкновенный
- Различная радиочувствительность зависит от многих причин.
- Однако главной причиной, по мнению многих исследователей, является размер хромосом. Чем больше размер хромосом, тем более чувствительны растения к облучению.
- Полиплоиды более устойчивы к облучению, а также гибридные формы и формы обладающие гетерозисным эффектом.

Полиплоидия как метод селекции

- Основной набор хромосом (x). Геном
- Полиплоидия, гаплоидия, гетероплоидия (анеуплоидия)
- Спонтанная полиплоидия
- Свойства полиплоидов
- Индуцированная полиплоидия

- Растения имеют два типа клеток: соматические и половые.
- Соматические клетки обычно имеют диплоидный набор хромосом ($2n$), который состоит из пар гомологичных хромосом, полученных от отцовского и материнского организмов.
- Половые клетки имеют в два раза меньше хромосом, чем соматические

- Половинный набор хромосом, имеющийся в половых клетках, называется гаплоидным и обозначается через (n) .
- Различают еще основной (базисный) набор хромосом (x) , когда в ядрах имеется по одной гомологической хромосоме.
- У многих организмов основной набор хромосом (x) соответствует гаплоидному набору хромосом в половых клетках (n) .
- Совокупность генов в основном наборе хромосом (x) называется геномом.

- Увеличение числа хромосом в клетках растений полными основными наборами называется **полиплоидией**, а организм, возникшие из полиплоидных клеток – **полиплоидами**.
- **Полиплоиды** называются и обозначаются соответственно количеству основных наборов хромосом (x), которые содержатся в клетках: $2x$ –диплоиды, $3x$ –триплоиды, $4x$ -тетраплоиды, $5x$ - пентаплоида, $6x$ -гексаплоида и т.д.

- Изменение нормального числа хромосом может происходить как в соматических так и половых клетках.
- Если удвоение числа хромосом произойдет в в какой либо одной соматической клетке растения, то полиплоидной будет только будет только та часть растения, которая разовьется из этой клетки путем многократного деления, а остальная часть растения будет нормальной.
- Растения окажется жимерным

- Если же полиплоидизация произойдет при первом делении зиготы, то все клетки зародыша окажутся полиплоидными и, следовательно, все растение будет полностью полиплоидным.
- Увеличение числа хромосом в соматических клетках называется **соматической полиплоидией**

- Изменение числа хромосом в половых клетках приводит к образованию гамет с диплоидным набором хромосом вместо гаплоидного.
- Если такие гаметы примут участие в оплодотворении, то могут появиться растения с тремя и четырьмя наборами хромосом, т.е. триплоиды и тетраплоиды

- Таким образом, полиплоидные растения могут возникать из полиплоидных соматических клеток при вегетативном размножении (расхищивании),
- в случае нерасхождения хромосом при первом делении зиготы.
- при слиянии полиплоидных гамет в процессе оплодотворения

- Вывод: при увеличении число хромосом в клетках не появляется каких либо новых генов, а происходит увеличение количества тех же самых генов, которые уже имелись в геноме растения.

- Помимо увеличения основного числа хромосом полными наборами (3x, 4x, 5x, и т.д.) довольно часты случаи, когда в наборе хромосом отсутствует одна или несколько хромосом или, наоборот, имеются добавочные хромосомы.
- Такое явление называется **гетероплоидией** или **анеуплоидией**.
- Следовательно число хромосом в клетках можно свести к трем категориям: **гаплоидия, полиплоидия, анеуплоидия**

Гаплоиды и их свойства

- **Гаплоидия** – уменьшение число хромосом полным набором.
- Гаплоидные организмы возникают в случае развития яйцеклетки без аподотворения (партеногенез).
- Гаплоиды обнаружены у многих растений (кукуруза, томаты, рожь и др) и у насекомых (пчелы). Выявлены гаплоиды у некоторых древесных пород (ольха, осина, акация).
- Гаплоидные растения по своей морфологии ничем не отличаются от диплоидных, но обычно бывают мельче.

- Поскольку у гаплоидов каждая хромосома не имеет себе пары, то в процессе мейоза они не конъюгируют и расходятся случайно, образуя гаметы с различным числом хромосом, и не способны к оплодотворению.
- Гаплоиды всегда бесплодны и их можно размножить только вегетативным путем

Анеуплоиды (гетероплоиды) и их свойства

- Потеря или прибавка одной из пары или целой пары хромосом называется **анеуплоидией**
- Анеуплоидия объясняется тем, что в митозе или мейозе могут происходить нарушения в расхождении некоторых пар хромосом.
- В результате возникают новые растения – гетероплоиды или анеуплоиды..
- Чаще всего гетероплоиды имеют пониженную жизнеспособность
- Анеуплоидия вызывает фенотипические изменения у растений
- У людей и животных они приводят к уродству

Полиплоиды и их свойства

- Увеличение числа хромосом полными основными наборами хромосом называется **полиплоидией**.
- Полиплоиды имеют наибольшее значение в практическом и селекционном отношении.
- Они широко распространены в природе и отсутствуют лишь у грибов, мхов и папоротников.

- Полиплоиды наблюдаются среди многих сельскохозяйственных, плодовых технических, лекарственных, декоративных культур.
- Среди древесных пород наиболее редки полиплоиды у голосеменных и особенно в семействе сосновых, где обнаружены лишь единичные экземпляры.
- У покрытосеменных древесных пород полиплоиды встречаются довольно часто, особенно у видов размножающихся вегетативным путем (ива, ольха, осина, береза и др.)

- Ряды ивы и березы, например, имеют целые полиплоидные ряды, включающие диплоидные, триплоидные, тетраплоидные, пентаплоидные, гексаплоидные формы.
- Среди других видов лиственных древесных пород (дуб, ольха, ильм) обнаружены лишь по одному или не более трех полиплоидов.

- Полиплоиды вызывают глубокие и разносторонние изменения признаков и свойств организма.
- У полиплоидов клетки значительно крупнее диплоидных, что часто приводит к увеличению размеров органов и всего растения в целом.
- Они имеют увеличенные цветки, пыльцевые зерна, плоды, листья.
- Триплоиды к тому же часто интенсивнее растут в высоту

- Полиплоидия изменяет физиологические процессы, интенсивность жизнедеятельности.
- Полиплоиды очень часто характеризуются большей экологической приспособленностью
- Распространение полиплоидных видов по географическим широтам показало, что в северных широтах и высокогорных районах большинство видов растений оказалось полиплоидами.
- В Арктике около 80 % всех видов растений – полиплоиды.

- У хвойных прод полиплоиды встречаются главным образом у секвой, криптомерий, можжевельников. Лиственница, сосна и ель полиплоидов практически не имеют.
- Полиплоиды у хвойных характеризуются пониженной жизнеспособностью, не выдерживают конкуренции с диплоидами и погибают в молодом возрасте.

- Полиплоиды у лиственных имеют большую селекционную и хозяйственную ценность. Так, например, триплоидная форма осины в отличие от диплоидной имеет мощное развитие и здоровую высококачественную древесину
- Выявлены естественные триплоиды и у березы повислой, которые превосходили диплоидную форму по продуктивности, но были совершенно бесплодны.

- Тетраплоиды обнаружены у ольхи черной, ясеня белого и клена серебристого.
- У клена остролистного известна триплоидная форма, а у клена красного даже гекса- и октаплоиды
- Исключительно перспективны триплоидные формы у шелковицы белой.
- Они обладают мощным ростом, высокими кормовыми качествами, устойчивы к холоду и заболеваниям.

Искусственные полиплоиды

- Впервые возможность экспериментального получения полиплоидных клеток была показана русским ученым И.И. Герасимовым (1889) воздействием низкой температуры на зеленую водоросль спирагиру.
- В последующем для возникновения полиплоидии начали применять повышенную температуру, ионизирующие излучения и химические вещества.

- Наиболее эффективным методом искусственного получения полиплоидов оказался метод использования различных химических веществ, таких как хлороформ, эфиры и особенно колхицин.
- Колхицин является алколоидом, обнаруженным в растениях безвременника осеннего.
- Он действует на механизм расхождения хромосом в процессе митотического деления клеток.

- В результате удвоившиеся хромосомы не расходятся к полюсам клеток, а остаются в неразделившемся ядре, образуя тетраплоидную клетку.
- Раствором колхицина можно обрабатывать семена, проростки, точки роста, черенки, цветочные почки и цветки.
- Колхицин обычно применяют в небольших концентрациях: 0,025-0,75 %. Очень слабые концентрации стимулируют прорастание семян, а слишком высокие убивают проростки

- Индуцированная полиплоидия нашла широкое применение в селекции и сортовом семеноводстве сельскохозяйственных культур (пшеница гексоплоидная мягкая и тетраплоидная твердая, овес гексоплоидный, виноград тетраплоидный, сахарная свекла триплоидная и др.).
- Первые искусственные тетраплоиды у древесных с помощью колхицина были получены у сосны в 1939 году
- Тетраплоиды у хвойных растут очень медленно и имеют пониженную жизнеспособность

- Считается, что наиболее перспективной формой для древесных является триплоидная.
- Поэтому искусственное получение тетраплоидов путем колхицирования и последующее их скрещивание с диплоидами - наиболее надежный метод создания триплоидов.

Заключение

- Полиплоидию следует рассматривать не только как прямой путь получения хозяйственно ценных форм, но и как источник материала с большой изменчивостью наследственных свойств, который в дальнейшем может быть подвергнут отбору.