**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды**

**«Открытия 2030»**

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП

НОМИНАЦИЯ

**«Ботаника и экология растений»**

Исследовательская работа

**ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДВИЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ**

**Автор:**

Павлова Ульяна,

10 класс

ТО Биоквантум ДТ «Кванториум»

ГАУ ДО ООДЮМЦ, г.Оренбург

**Научный руководитель:**

Сафонов Максим Анатольевич, д.б.н.,

педагог дополнительного образования

1 квалификационной категории

ДТ «Кванториум»

ГАУ ДО ООДЮМЦ, г.Оренбург

**Место выполнения работы:**

ТО Биоквантум ДТ «Кванториум»

ГАУ ДО ООДЮМЦ, г.Оренбург

ОРЕНБУРГ - 2020

**Оглавление**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение………………………………………………………………………... | 6 |
| 1 Обзор литературы………………………………………............................ | 8 |
| 1.1 Движения растений и их механизмы ……………………………………. | 8 |
| 1.2 Экологические факторы, влияющие на движение растений …………. | 32 |
| 2 Объекты и методы исследований…………………………………………. | 41 |
| 3 Результаты исследований…………………………………………………… | 45 |
| Список использованных источников ……………………………………….. | 23 |
| Приложение 1………………………………………………………………...... | 54 |
| Приложение 2………………………………………………………………...... | 55 |

**Введение**

Зеленые растения способны к движению в пространстве, необходимость которого определяется необходимостью роста и питания. Среди этих движений выделяют две основные группы: тропизмы и настии.

Движения начинаются с самого прорастания семян и останавливаются только при гибели растения. В этом случае растения схожи с животными. В то же время они абсолютно не похожи на последних по характеру свойственных им движений (Физиология растений, 2005). Двигаются растения за счет постоянного роста надземных и подземных органов, функция которых – получение минеральных веществ и органики. Движения растений напрямую зависят от факторов среды: света, минерального питания, газового состава атмосферы, влажности среды (Коробкин, 2007).

**Цель** моего исследования: изучить влияние освещенности и почвенного фактора на движения растений.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. изучить механизмы движения растений
2. изучить влияние экологических факторов на движение растений
3. экспериментально изучить влияние освещенности и характеристик почв на движение растений

В качестве **объектов** данного исследования выбраны некоторые культурные сорта растений: кресс-салат и фасоль обыкновенная.

**Предмет** исследования: движения растений под воздействием эдафический факторов и факторов освещенности.

**Гипотеза**: экологические факторы влияют на движение растений и учет движений может являться основой для оценки благоприятности условий их произрастания.

1. **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

**1.1 Движения растений и их механизмы**

Движениями растений называют изменения расположения их органов в пространстве, обусловленные разными внешними факторами. Для наилучшего поглощения солнечной энергии листовые пластинки должны размещаться под определенным углом к лучам света, для наиболее быстрого поглощения солей и воды корни сами должны двигаться к ним (Коробкин, 2007).

Органы растений меняют свое положение в пространстве за счет роста, а точнее, растяжения клеток и колебания тургорного давления. Ткани, принимающие участие в движениях, обладают растяжимыми и относительно тонкими клеточными стенками. Такими клетками являются, например, тонкостенные клетки основной паренхимы; клетки основания черешков листьев бобовых растений; моторные клетки в эпидерме немногих злаков, закрывающие клетки устьиц. Изменения тургорного давления происходят за счет транспирации, а также выхода воды из вакуоли в свободные пространства клеточных стенок и в межклетники. Есть тесная связь между движениями и водным обменом растительного организма, а также содержанием в его клетках минеральных веществ.

В зависимости от типа раздражителя движения высших растений делят на две группы: тропизмы и настии. Тропизмы и настии являются самыми заметными движениями растений (Вайнар, 1987; Лебедев, 1988).

В зависимости от природы раздражителя (свет, электрический ток, сила тяжести, поранения, химические вещества, прикосновение) изменение положения органов выделяют фото-, гео-, хемо-, гидро-, термо-, тигмо-, электро- и травмо- тропизмы Характер ответной реакции может быть различным. Органы, поворачивающиеся к раздражителю, называют положительно тропичными, а те, которые отворачиваются от раздражителя, – отрицательно тропичными. С тропизмами чаще связаны растущие органы и их части, так как в основе этих движений лежат процессы роста. Чаще всего изгибание происходит в результате быстрого роста клеток с противоположной стороны от действующего света на растение (Медведев. 2004).

*Фототропизм –* самый известный тип тропизма*.* Под действием одностороннего освещения надземная часть растения поворачивается в сторону большей освещенности. Это легко заметно у комнатных растений (Березина, 2009). Не у всех растений фототропизм одинаков – стебель тенелюбивого плюща имеет отрицательный фототропизмом, а корни лука в ответ на сильное освещение, напротив, обладают положительным фототропизмом. У большинства же растительных организмов корни нечувствительны к направлению освещения (Веретенников, 2006).

Немало растений произрастающих в аридных условиях могут поворачивать свои листья в направлении с севера на юг, например латук дикий или компасный. Поэтому их называют компасными растениями. За счет такого расположения листьев слабые лучи утром и вечером попадают на всю поверхность листовой пластинки, а в яркие полуденные часы – на ребро листа.

В 1928 г. два физиолога растений – Н.Г. Холодный (СССР) и Ф.В. Вент (Нидерланды) – независимо друг от друга сформулировали гормональную теорию фототропизма. Они выделили 4 этапа в реакции фототропизма: 1) восприятие светового раздражения; 2) возбуждение; 3) передача возбуждения; 4) реакция – изгиб.

Первый этап заключается в поглощении преимущественно сине-фиолетовых и ультрафиолетовых лучей поглощают каротином, криптохромами, фототропином и фитохромом. Эти вещества формируют систему фоторецепторов, воспринимающих направление света. Эта система находится в мембранах клеток верхушек колеоптилей и стеблей.

На втором этапе происходит поперечная поляризация тканей верхушки колеоптиля или побега, из-за чего освещенная сторона приобретает отрицательный, а затененная – положительный электрический заряд. Под воздействием этой поляризации происходит передвижение ауксина с освещенной стороны верхушки на затененную (Полевой, 1989).

Третий этап – передача возбуждения: по затененной стороне идет отток гормона от верхушки к зоне растяжения.

Четвертый этап – неравномерный рост, который вызывает изгиб. Клетки затененной стороны, которые содержат большее количество гормона, растягиваются сильнее, чем клетки освещенной. В итоге образуется изгиб по направлению к освещению.

*Геотропизм.*Геотропизм как и свет является основным фактором, который определяет положения органов растений в пространстве. На данный момент геотропическую реакцию растений исследуют с помощью центрифуги – в ней ускорение будет влиять на растение так же, как ускорение силы тяжести. Можно дозировать интенсивность раздражения, если изменить скорость вращения центрифуги (Гэлстон, 1983).

*Хемотропизм.*Причиной тропизма могут быть и различные вещества. Изгибы корней при неравномерном распределении в почве какого-нибудь вещества называют хемотропизмом. Растворенные и газообразные вещества вызывают движение растений. Хемотропизм может быть положительным и отрицательным, притом знак реакции хемотропизма зависит от концентрации вещества. Корни проявляют положительный хемотропизм прежде всего к фосфатам, двуокиси углерода и кислороду (Медведев, 2004; Веретенников, 2006).

Хемотропизм очень важен в нормальной жизни растения. Именно за счет него корни перемещаются в направлении расположения в почве удобрений, а также избегают участков почвы с вредными химическими примесями.

*Гидротропизм.*Гидротропизм – это изгибание растущих частей растения под влиянием воды или уменьшения влажности воздуха. Гидротропизм в первую очередь характерен для корней. Гидротропическая чувствительность, как гео- и хемотропическая, определена в самом конце корня. За счет гидротропизма положительно гидротропные органы оказываются в пространстве с достаточной влажностью, а отрицательно гидротропные поднимаются над влажным субстратом.

Настии, также как и тропизмы, являются движениями органов растений, вызванными внешними факторами. Однако направление настий не зависит от направлений действия раздражителя. Направленность настических движений зависит от строения части растения. Это наиболее идеальная форма движения, чем тропизмы. Названия настий так же как и названия тропизмов делят по отношению к тем или иным раздражителям. Так, различают фото-, термо-, хемо-, гидро-, тигмо-, сейсмо-, электро- и травматонастии, а также движения замыкающих клеток устьиц. Тропизмы осуществляются за счет ростовых движений клеток, а настии проявляются в основном за счет изменений тургорного давления.

Настические движения могут обеспечивать защитой органов (закрывание цветков, опускание листьев) или захватом предметов (движения усиков, железистых волосков росянки) (Гэлстон, 1983).

*Фотонастии* **–** этодвижения, связанные, в первую очередь, с распускание цветков**.** Освещение увеличивает рост верхней стороны лепестков, что ведет к открыванию цветков. Такие процессы приводят к значительному удлинению лепестков. Настические ростовые движения происходят и в молодых листьях. Старые листья, прекратившие свой рост, двигаются за счет колебания тургорного давления (Березина, 2009).

*Термонастии.* Настические движения цветков также могут вызваться колебаниями температур. Поскольку температура, при которой осуществляется рост верхней стороны лепестков, выше температуры, при которой осуществляется рост их нижних сторон, при повышении температуры закрытый цветок открывается.

*Хемонастии* **–** в основном характерны для насекомоядных растений. Раздражение чувствительных волосков – эмергенцев - вызывают белки, соли аммония и фосфаты. Они выделяют клейкий, слабо пахнущий медом секрет, который привлекает мелких животных, прилипающих к нему (Веретенников, 2006). При попытках освободиться пойманное насекомое прикасается к другим чувствительным волоскам и закрепляется еще сильнее. Далее возбуждение может дойти и до краевых волосков, которые в этом случае изгибаются в сторону источника раздражения. Таким образом, настические движения могут переходить в тропические движения, и наоборот.

*Сейсмонастии* **–** это самыебыстрые и заметные движения растений, которые вызываются механическими воздействиями. Такое раздражение может вызвать даже падающая дождевая капля или порыв ветра. Наиболее известным примером сейсмонастических движений является скручивание листьев мимозы. Движение этого растения происходит благодаря моторной ткани (паренхиме), которая расположена у основания черешка, черешочков и листочков.

Все настические движения осуществляются вследствие потери тургора моторными клетками, месторасположение которых провоцирует разнообразные способы образования ответных реакций в виде движений тычинок и рылец.

*Движения устьиц.*Вода играет одну из главных ролей в жизни растений. Для регулирования поступления СО2 и отдачи Н2О у растений образовались так называемые устьица. Устьичную щель клетки ограничивают две замыкающие клетки, а вместе с примыкающими к ним, так называемыми, побочными клетками они образуют устьичный аппарат. Открывания и закрывания устьиц – это типичные настические движения, направление которых зависит от анатомического строения (Полевой, 1989).

Процесс открывания и закрывания устьичных осуществляется за счет изменения тургорного давления. Устьичная щель открывается при повышенном тургорном давлении, а при пониженном замыкающие клетки закрывают ее. Для протекания данных процессов требуется АТФ (Журавлева, 1992). Открывание устьиц происходит за счет фотонастических движений. Даже незначительное количество света вызывает открывание устьиц. Особое влияние на процесс их открывания оказывает синий и красный свет, что позволяет сделать вывод о причастности к этому процессу и процесса фотосинтеза.

В зависимости от раздражения, а также и ответных реакций, движения растений делят на три группы. К первой группе, в которой эти изменения бывают вызваны внешними раздражениями, относят тропизмы и настии. Относимые ко второй группе движения, вызванные внутренними раздражениями, называют автономными. Третья группа изменений положений органов – это чисто механические движения, которые обычно происходят без раздражения живого содержимого клетки (Кузнецов, 2016).

Растения чаще всего осуществляют свои движения из-за накопления или отдачи воды. Если поглощение воды обратимо, то обычно речь идет о движениях, связанных с тургорным давлением («тургорные движения»), а при необратимом поглощении воды говорят о росте или ростовых движениях.

*Обратимые тургорные движения.* Эти изменения в положении органов называют также иногда вариационными движениями. Таковы, например, ответные реакции мимозы и барбариса. Под тургором понимают осмотически обусловленное внутреннее давление, существующее в растительных клетках, благодаря которому плазмалемма давит на клеточную оболочку.

Если в отдельных клетках или в клетках и почве имеются растворы разных концентраций, то более концентрированные растворы в соответствии с законами диффузии обнаруживают тенденцию к разбавлению. Поэтому возникает ограниченная избирательно проницаемыми мембранами диффузия, которую называют осмосом. Структурной предпосылкой для осуществления тургорных движений являются клетки, способные к растяжению.

*Ростовые движения.* Ростом, как правило, называют необратимое увеличение массы организма. Различают рост, проявляющийся в результате деления клеток, происходящий при их растяжении, осуществляющийся при их дифференцировании, а также и рост органов. При этом главная роль принадлежит растяжению. Для этого процесса характерно значительное увеличение объемов клеток. При этом происходит поступление воды в увеличивающиеся вакуоли, сопровождающийся интенсивным ростом клеточной оболочки.

Растяжение вызывается, прежде всего, действием ростовых гормонов: ауксина, а отчасти и гиббереллина. Вероятно, ауксин способствует, во-первых, увеличению поступления в клетку воды, разрыхляя клеточную оболочку, и, во-вторых, – образованию оболочки, будучи причастным к синтезу РНК (рибонуклеиновой кислоты).

Как правило, неодинаковый рост противоположных сторон органа обусловлен растяжением, а отчасти ростом, происходящим в результате деления клеток. Замена условий, приведших к изгибу, на противоположные вызовет изгибание в противоположную сторону. Асимметричность растущего органа связана с неодинаковым распределением в нем ростовых веществ. Так, например, выпуклая сторона оси побега содержит больше ауксина. Если зона быстрого роста тканей перемещается, словно по орбите, вокруг оси органа или если одновременно проявятся две разные тенденции к изгибам, то мы говорим о скручивании, или движениях скручивания. Но изгибаться и скручиваться могут лишь органы, имеющие ткани, способные расти в длину. Клетки полностью дифференцировавшихся тканей (например, механических), напротив, не могут ни делиться, ни расти в длину, и поэтому не обнаруживают никаких движений. В сравнении с тургорными движениями ростовые движения совершаются медленнее (Вайнар, 1987).

**1.2 Экологические факторы, влияющие на движение растений**

*Температура* влияет на рост, регулируя активность ферментов и координируя их работу; источником энергии для ростовых процессов являются фотосинтез и дыхание (Акимова. 2001).

Для каждого растения существуют, с одной стороны, температурный минимум и максимум, за пределами которых рост прекращается совсем, а с другой стороны, оптимум, при котором рост идет наиболее интенсивно. Различные процессы имеют разные температурные оптимумы: дыхание более высокий, чем фотосинтез (Ботаника, 2007).

Температурный оптимум для роста может не совпадать с температурным оптимумом для других физиологических процессов. Оптимальные температуры роста более высоки, чем оптимальные температуры фотосинтеза. При температуре 40—50 °С скорость фотосинтеза сильно снижается, а скорость дыхания еще довольно высока. В этих условиях рост не только прекращается, но в некоторых случаях сухая масса растения может даже уменьшиться.

Кардинальные точки для различных растений неодинаковы. У теплолюбивых растений (кукуруза, огурец, дыня, тыква) все кардинальные точки смещены в сторону более высоких температур. Отдельные ткани и органы тоже имеют разные кардинальные температурные точки. Температура – один из самых важных факторов, определяющих скорость прорастания семян. Так, у пшеницы прорастание семян начинается при 0 °С, рост листьев – при 6 °С, а тычиночных нитей – при 15 °С. Следовательно, на протяжении вегетационного периода положение кардинальных точек меняется. Это объясняется тем, что в онтогенезе растений закреплена та смена температур, которая чаще происходила в природе (Веретенников, 2006).

Растительный организм чутко реагирует на скорость перехода от одной температуры к другой. Если повышение температуры происходит быстро, даже в пределах ее оптимальных значений, рост замедляется (Гриценко. 2012).

Итак, требования к температурам неодинаковы не только у разных растений, но даже у отдельных органов одного и того же растения, изменяются с возрастом, сезоном.

*Свет.* Зависимость роста от света сложна, так как он выполняет две функции: субстратную и регуляторную. Субстратная роль света заключается в том, что он является источником энергии для фотосинтеза — процесса, создающего строительный материал для клеток. Однако прямой связи между скоростью роста и скоростью фотосинтеза нет: максимум роста наблюдается в течение вегетационного периода раньше, чем максимум фотосинтеза.

Рост всех растений может продолжаться то или иное время в темноте за счет запасных веществ. Исключение составляет лишь небольшая группа растений, семена которых прорастают только под влиянием света. Однако в постоянной темноте тормозится деление клеток и дольше идет растяжение. В результате сильного растяжения клеток растения имеют длинные междоузлия, листовые пластинки недоразвиты, лишены хлорофилла, у растений плохо развита механическая ткань. Такие растения называются этиолированными (Горышина, 1979).

Этиоляция не связана непосредственно ни с отсутствием хлорофилла, ни с недостатком питательных веществ. Так, при хранении в темноте клубней картофеля образуются этиолированные побеги, хотя питательных веществ хватает. Этиоляция является приспособлением для быстрого выноса листьев на свет (Ботаника, 2007).

Влияние интенсивности света на рост сильно зависит от температуры: каждой температуре соответствует своя минимальная интенсивность света, причем разная, например, для таких процессов, как заложение листьев и их линейный рост. С увеличением температуры увеличивается и величина минимальной интенсивности света. Там, где комбинация этих факторов наиболее благоприятна, резко увеличивается рост.

Однако особенно заметна регуляторная роль света при освещении растений разным монохроматическим светом. Наиболее активно регулируют рост красные и сине-фиолетовые лучи. Тормозящее влияние сине-фиолетового света на растяжение хорошо видно на примере растений высокогорных лугов. Эти растения всегда очень низкие, так как в горах на землю попадает много сине-фиолетовых лучей. Даже если выращивать высоко в горах растения, обычные для долин, они становятся похожими на высокогорные растения.

Спектральный состав света влияет и на другие особенности растений. Красный свет тормозит образование боковых корней, например у гороха, причем сильнее, чем синий и зеленый. У растений редиса только на синем свету образуется хороший корнеплод, а на красном – он практически не образуется (Лебедев. 1988).

Продолжительность освещения (длина дня) оказывает большое влияние на рост деревьев, причем и в этом случае растения разного географического происхождения реагируют тоже различно. Короткий день – причина листопада у растений средних широт. Листопад начинается осенью примерно в одно и то же время под влиянием укорачивающегося дня независимо от температуры. В тропиках дубы и плодовые деревья сбрасывают листья, хотя температура выше 12 °С. Под влиянием короткого дня у листьев происходит образование отделительного слоя. Длинный день задерживает листопад (Артамонов, 1991).

Длина дня влияет на формирование кочанов у капусты и салата, на рост стеблей. На коротком дне у многолетних трав (клевер, костер, райграс) образуются устойчивые к морозу укороченные побеги, а в условиях длинного дня – удлиненные вегетативные побеги, неспособные переносить низкую температуру.

Продолжительность освещения влияет на ритмичность роста. Так, если проростки гороха или овса выращивать в условиях 12-часового освещения и 12-часовой темноты, а потом перенести в условия непрерывного освещения, то ритмичность сохраняется: 12 ч растения будут расти медленнее и 12 ч – быстрее (Усманов, 2001).

Чтобы свет оказал свое физиологическое действие на рост, он должен быть поглощен каким-нибудь веществом. В конце 50-х годов Н.А. Бортвик и С. Хендрикс (США), изучая механизм действия света на прорастание семян салата-латука, открыли новый пигмент. Оказалось, что быстрее всего семена прорастали при освещении их красным светом (λ = 660 нм), значительно медленнее — при освещении синим и, наконец, практически не прорастали при освещении зелеными или дальними красными лучами (λ = 730 нм). Поэтому возникло представление о том, что в семенах существует пигмент, который был выделен из растений и назван фитохромом (ФХ). Фитохром – пигмент из группы хромопротеидов. Фитохром существует в двух формах ФХ660 и ФХ730. ФХ660 - неактивная форма пигмента, голубого цвета, более устойчив; ФХ730 – активная форма пигмента, зелено-желтого цвета, представляет собой восстановленную форму ФХ660. ФХ660 поглощает красный свет длиной волны 660 нм и переходит в ФХ730, а ФХ730, поглощая дальние красные лучи длиной волны 730 нм, превращается в ФХ660. В темноте фитохром ФХ730 разрушается или переходит в неактивную форму ФХ660. Предполагают, что превращения под действием света фитохрома из неактивной формы в активную связаны с изменением положения тетрапиррола в пространстве и соответственно с изменением конформации связанного с ним белка. Оба фитохрома поглощают еще и синий свет: ФХ660 длиной волны 370 и ФХ730 длиной волны 400 нм.

Фитохром обнаружен в клетках всех органов, хотя его больше в меристематических тканях. Он встроен в плазмалемму, в мембраны хлоропластов, митохондрий и, возможно, ядра. Фитохромная система есть у синезеленых водорослей (цианобактерий), грибов. Это говорит о том, что в процессе эволюции она возникла давно (Гэлстон, 1983; Полевой, 1989).

Фитохром ФХ730 активирует гены, ферменты, увеличивает проницаемость мембран, участвует в регуляции многих процессов: дифференцировки тканей и органов, разных ростовых реакций, движений хлоропластов, в фотопериодических реакциях. Было показано, что красный свет длиной волны 660 нм вызывает нарушение покоя, рост стебля и гипокотиля, влияет также на синтез антоцианов. Например, освещение красным светом вызывает покраснение яблок (Веретенников, 2006).

*Влажность почвы и воздуха.* Хорошее водоснабжение – обязательное условие интенсивного роста, что подтверждает бурный весенний рост растений. Семена, находящиеся в воздушно-сухом состоянии, т. е. содержащие 10—12 % воды, могут в течение многих лет не обнаруживать признаков роста, но стоит положить их в воду, как они начинают прорастать, конечно, при наличии нужной температуры и кислорода. Существует тесная связь между содержанием воды в клетках меристемы и ритмом роста, скоростью удлинения стеблей и орошением. При недостатке воды рост прекращается. В ответ на недостаток воды торможение роста надземных органов наступает раньше, чем торможение всех других физиологических функций (Акимова, 2001).

При сравнении растений одного вида, выросших на сухом и влажном месте, нередко обнаруживается очень большое различие в размерах. Так, высота подсолнечника, выросшего на сухой бедной почве, не превышает 15 см. Это объясняется тем, что вода необходима, прежде всего, для растяжения клеток (Березина. 2009).

При недостатке воды растяжение клеток заканчивается слишком рано и дифференцировка начинается, когда клетки еще не достигли полного размера. В результате формируется ксероморфная структура (Ботаника. 2007).

Сильнее других внешних факторов вода влияет на рост корней. К влажности почвы очень чувствительны апексы корней, поэтому корни могут расти только в достаточно влажной почве (Пономарева. 1978).

Растения реагируют и на изменения влажности воздуха. Во влажном воздухе рост стебля стимулируется, растения похожи на этиолированные, а в сухом – даже при хорошем водоснабжении, стебель растет медленно.

*Газовый состав атмосферы.* Рост – результат сложной цепи биохимических и физиологических процессов, происходящих в клетках при условии непрерывной затраты АТФ, которая образуется в процессе дыхания. Поэтому рост обычно тормозится при снижении содержания кислорода до 5 %,. При повышении температуры корням необходимо больше кислорода. При затоплении растений рост некоторое время может продолжаться благодаря запасу кислорода в межклетниках. Семена только некоторых растений могут прорастать под толстым слоем воды. Хорошая аэрация – один из факторов, влияющих на прорастание семян, возобновление роста у покоящихся клубней, корневищ и луковиц (Акимова, 2001).

Повышенная концентрация кислорода тоже угнетает рост. Например, при концентрации кислорода 30 % клубни картофеля не прорастают. Оптимальной для роста корней является концентрация кислорода в почвенном воздухе 10—12 %, а минималь­ной — 3—5 % (Горышина, 1979).

Концентрация СО2 в атмосферном воздухе, равная 0,03 %, недостаточна для интенсивного фотосинтеза. Однако накопление СО2 в атмосфере, окружающей растение, вызывает остановку роста, а затем торможение и других физиологических процессов (Ботаника. 2007).

*Минеральное питание.* Для нормального роста необходимо сбалансированное снабжение растения всеми минеральными веществами и особенно азотом. Последнее связано с тем, что азот входит не только в состав белков, но и гормонов. Однако избыточное внесение удобрений, особенно азотных, приводит к росту вегетативных органов и тормозит заложение цветков. Это полезно при выращивании трав, овощей, но снижает урожай плодов и семян (Березина. 2009).

Итак, нормальный рост каждого растения, приводящий к образованию его окончательной формы, является результатом сложного взаимодействия внешних и внутренних факторов, связи роста с другими физиологическими функциями растения (Викторов. 1983).

**2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объектами исследования послужили некоторые культурные растения, являющиеся наиболее популярными и применяемые в настоящее время в овощеводстве:

- Lepidium sativum L.- Кресс-салат.

- Phaseolus vulgaris L. – Фасоль обыкновенная.

Кресс-салат - однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнениям почвы тяжелыми металлами, а также к загрязнению воздуха газообразными выбросами транспортных средств. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей (Козюкина, 1980).

Кроме того, побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста и искривление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян).

Кресс-салат как биоиндикатор удобен еще и тем, что влияние факторов можно изучать при минимальной рабочей поверхности и одновременно на большом числе растений (чашка Петри, кювета, поддон и т. п.). Отличительной чертой в использовании этой культуры являются короткие сроки эксперимента. Проростки кресс-салата появляются уже на третий-четвертый день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10-15 суток (Практикум…, 1990).

При выращивании кресс-салата на всхожесть семян и качество проростков оказывают большое влияние водно-воздушный режим и плодородие почвы. В богатой гумусом и кислородом почве (чернозем, верхний горизонт серой лесной почвы) всхожесть и качество проростков будет значительно лучше, чем в тяжелой глинистой почве, так как в глинистой почве плохой водно-воздушный режим из-за малой проницаемости для воды и воздуха (Методы оценки…, 2007).

Фасоль обыкновенная - однолетняя кустовая, вьющаяся культура, обладающая повышенной чувствительностью к загрязнениям почвы тяжелыми металлами и озону в атмосфере. Длина побега фасоли примерно от 2 до 5 м. В отличие от гороха семядольные листья у фасоли выносятся на поверхность.

Семена фасоли обыкновенной прорастают и всходят быстро, обладает высокой всхожестью, что дает преимущество использования в биоиндикации. При наличии загрязнителей эти показатели значительно снижаются.

Кроме того, побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста и искривление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян).

Семена фасоли обыкновенной прорастают уже на пятый день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10-15 суток (Практикум…, 1990).

Фасоль обыкновенная относится к теплолюбивым культурам: прорастание ее осуществляется при температуре 10-12 °С. Оптимальная температура для ее роста и развития – 18-25°С (Козюкина, 1980).

Фасоль обыкновенная во время прорастания и цветения очень требовательна к влаге. При недостаточном количестве воды цветки фасоли опадают. Оптимальная влажность почвы должна составлять 75-80%. Также фасоль относится к светолюбивым растениям, особенно в начале вегетации. Эта культура относится к растениям короткого дня (Методы оценки…, 2007).

На фасоль обыкновенную влияют не только загрязнение почвы, но и загрязнение атмосферного воздуха. Выбросы тяжелых металлов в атмосферу вызывают различные отклонения в развитии у проростков фасоли, а именно значительно уменьшают их длину (Полевой, 1989).

В основу исследования был положен метод изучения свойств почвы при помощи тест-культуры - кресс-салат (Практикум…, 1990).

В типичном варианте метода качество почвы оценивается через количество проросших в ней семян тест-культуры. Для достижения цели дипломной работы метод был дополнен периодическим учетом прироста растений и учетом интенсивности движений растений. Прирост растений определяется путем ежедневного измерения высоты побегов. Интенсивность движений оценивалось путем ежедневного измерения угла наклона побегов к источнику света. Оценка угла наклона проводилась по фотографии.

*Схема эксперимента*

Посев семян кресс-салата (Lepidium sativum L.) - проводился в 3-х кратной повторности;

В 2-х случаях использовался универсальный грунт ЭКЗО (далее употребляется как искусственная почва с содержанием торфа), состоящий из природного материала – просеянного и раскисленного торфа средней степени разложения, смешанного с органоминеральными удобрениями и известью.

В 3-м случае использовалась почва городской среды (далее урбанозем), а именно города Оренбурга.

В качестве дополнительного контроля проводился опыт по изучению роста фасоли обыкновенной (Phaseolus vulgaris L.) в искусственном грунте, так как фасоль обычно обладает хорошей всхожестью и скоростью роста.

Срок экспозиции опыта 10 суток, количество использованных семян 40, количество измерений прироста и интенсивности настий 280.

**3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Анализ всхожести семян (рис.1) показал, что в условиях искусственного грунта прорастает 100 % посеянных семян кресс-салата, а при использовании урбанизированной почвы прорастание составило 70 %.

Рисунок 1. Всхожесть семян тест-культур в разных почвах

Опыт с фасолью показал всхожесть семян 60 % в искусственной почве и отсутствие всходов на урбаноземе. Из этого можно сделать вывод, что всхожесть кресс-салата в целом выше, чем у фасоли; качество урбанозема существенно ниже качества искусственной почвы по показателю всхожести.

После прорастания большая часть энергии растений идет на рост. т. е. на увеличение длины побега (Приложение 1). В ходе эксперимента максимальная скорость роста была отмечена у фасоли; минимальная у кресс-салата произрастающего на урбанизированной почве. Графический анализ данных (рис.2) с использованием аппроксимации показал, что рост проростков фасоли и кресс-салата на искусственной почве описывается степенной функцией, а рост кресс-салата на урбаноземе экспоненциальной функцией. Это позволяет сделать вывод, что качество почвы оказывает существенное влияние на увеличение длины побегов вне зависимости от вида растения.

Рисунок 2. Увеличение длины побега тест-культуры в разных почвах

Рост растений характеризуется положительным гелеотропизмом направляя листья, как основной фотосинтезирующий орган к источнику освещения. Растения растут в высоту и изменяют наклон побега в случае отклонения источника света от вертикального положения (настии). Проведенный опыт показал, что у фасоли скорость настий существенно ниже, чем у кресс-салата во всех опытах (Приложение 2). Возможно это связано с тем, что у фасоли более крупные побеги, движения которых требует большего расхода энергии. Графический анализ изменения угла наклона побегов показал (рис.3), что настии всех растений, росших на искусственной почве, описывается экспоненциальной функцией, а настии кресс-салата произрастающего на урбаноземе описывается линейной функцией. Это позволяет сделать вывод о существенном влиянии качества почвы на настии растений. Движения проростков фасоли менее выражены, чем у кресс-салата, но фактор почвы является более значительным для осуществления настий.

Рисунок 3. Изменение угла наклона побега

**Заключение**

Таким образом, у растений отмечается большое разнообразие способов движения, однако, наиболее характерным для них является движение за счет роста растяжением. Для него характерно необратимость и осуществление движения за счет осмотических сил. Поэтому рост растяжением у растений является одновременно и элементом морфогенеза.

В результате роста растений путем растяжения происходит увеличение длины стеблей и корней, развертывания и увеличения площади листьев. Другие способы движений также осуществляются благодаря росту растяжением. К примеру, круговые нутации и тропизмы получают свойства обратимого движения за счет чередования растяжения клеток в разных участках осевого органа.

 В процессе эволюции движения растений прогрессировали от необратимого удлинения за счет роста растяжением к обратимым ростовым движениям (круговые нутации, тропизмы), далее к тургорным движениям (настии), независящие от роста растяжением, и, наконец, к быстрым тургорным движениям (сейсмонастии), где скорость передачи гормонального сигнала недостаточна и для осуществления движения выступает электрический импульс (потенциал действия).

Движение растениям требуются для осуществления питания, процессов размножения, а в некоторых случаях – и для защиты.

Таким образом, поставив эти опыты, мы пришли к следующим выводам:

1. Движение за счет роста растяжением клеток появился в результате процесса эволюции растений. Он лежит в основе удлинения осевых органов, увеличения площади листьев и тех форм настий, которые происходят за счет роста клеток растяжением. За счет свойства необратимости прикрепленное растение получило возможность двигаться к источнику питания.
2. Эдафический и световой фактор оказывает большое влияние на все процессы функционирования растительных организмов. Качество почвы, в частности, определяет всхожесть семян растений, что подтверждается опытами, проводимыми на тест-культурах.
3. Динамика роста растений определяется в первую очередь качеством почвы, а не видовой принадлежностью растений.
4. Настии растений происходят для ориентации листьев к направлению света, но их интенсивность зависит в первую очередь от качества почвы, а уже потом от видовой принадлежности растения.
5. Результаты экспериментов показали, что эдафический фактор имеет большое значение для разных аспектов в жизнедеятельности растений: прорастание семян, роста побегов, настий.
6. Изменения движений растений могут рассматриваться как косвенный показатель качества почв.

**Список использованных источников**

1. Акимова, Т. А. Экология. Природа – Человек – Техника : учебник для вузов / Т. А. Акимова, А. П. Кузьмин, В. В. Хаскин. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с. – ISBN 5-238-00191-6.
2. Артамонов, В. И. Занимательная физиология растений / В. И. Артамонов. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 336 с. – ISBN 5-10-001829-1.
3. Березина, Н. А. Экология растений: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. А. Березина, Н. Б. Афанасьва. – Москва : Академия, 2009. – 400 с. – ISBN 978-5-7695-5161-1.
4. Биоморфология растений: иллюстрированный словарь. Учебное пособие / П. Ю. Жмылев, Ю. Е. Алексеев, Е. А. Карпухина, С. А. Баландин. – Москва : 2005. – 256 с. – ISBN 5-211-02962-3.
5. Ботаника: в 4 т. / П. Зитте, Э. В. Вайлер, Й. В. Кадерайт, А. Брезински, К. Кёрнер. – Москва : Академия, 2007. – Т. 4 – 256 с. – ISBN 978-5-7695-2747-0.
6. Вайнар Р. Движения у растений / Рейнхольд Вайнар. – Москва : Знание, 1987. – 176 с.
7. Веретенников, А. В. Физиология растений: учебник / А. В. Веретенников. – Москва : Академический Проект, 2006. – 480 с. – ISBN 5-8291-0755-4.
8. Викторов, Д. П. Малый практикум по физиологии растений : учеб. пособие для биол. спец. вузов / Д. П. Викторов. – Москва : Высшая школа, 1983. – 135 с.
9. Горышина, Т. К. Экология растений : учеб. пособие / Т. К. Горышина. – Москва : Высшая школа, 1979. – 368 с.
10. Гриценко, Л. А. Стресс - физиология растений: учебное пособие / Л. А. Гриценко, О. Ф. Панфилова. – Москва : Изд-во РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2012. – 56 с.
11. Гэлстон, А. Ю. Жизнь зеленого растения / А. Ю. Гэлстон, П. Девис, Р. Сэттер. – Москва : Мир, 1983. – 552 с.
12. Журавлева, Н. А. Механизм устьичных движений, продуктивный процесс и эволюция / Н. А. Журавлева. – Новосибирск : ВО «Наука», 1992. – 141 с. – ISBN 5-02-030122-1.
13. Козюкина, Ж. Т. Устойчивость растений к отрицательным факторам среды : уч. пособие / Ж. Т. Козюкина. – Днепропетровск : ДГУ, 1980. – 104 с.
14. Коробкин, В. И. Экология : учебник для вузов / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 602 с. – ISBN 978-5-222-12140-5.
15. Кузнецов, В. В. Физиология растений: в 2 т. / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – Москва : Юрайт, 2016. – 437 с. – ISBN 978-5-9916-5645-0.
16. Лебедев, С. И. Физиология растений: учебник / С. И. Лебедев. – Москва : Агропромиздат, 1988. - 544 с. – ISBN 5-10-000574-2.
17. Медведев, С. С. Физиология растений : учебник / С. С. Медведев. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 336 с. – ISBN 5-288-03347-1.
18. Методы оценки устойчивости растений к стрессовым факторам : Руководство для большого спец. практикума по физиологии и биохимии растений. – Екатеринбург : Урал.ун-т, 2007. – 27с.
19. Полевой, В. В. Физиология растений : учебн. для биол. спец. вузов / В. В. Полевой. – Москва : Высшая школа, 1989. – 464 с. – ISBN 5-06-001604-8.
20. Пономарева, И. Н. Экология растений с основами биогеоценологии : пособие для учителей / И. Н. Пономарева. – Москва : Просвещение, 1978. – 207 с.
21. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин и др. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 271 с. – ISBN-5-10-001653-1.
22. Усманов, И. Ю. Экологическая физиология растений : учебник / И. Ю. Усманов, З. Ф. Рахманкулова, А. Ю. Кулагин. – Москва : Логос, 2001. – 224 с. – ISBN 5-94010-082-1.
23. Физиология растений : учебник для студ. вузов / Н. Д. Алехина, Ю. В. Балнокин, В. Ф. Гавриленко [и др.]. – Москва : Академия, 2005. – 640 с. – ISBN 5-7695-1669-0.

**Приложения**

Приложение 1

Увеличение длины побега тест-культуры в разных почвах

|  |  |
| --- | --- |
| Название культуры и тип почвы | Прирост растений, см. |
| 1 день | 2 день | 3 день | 4 день | 5 день | 6 день |
| Фасоль (урбанизированная почва) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Фасоль (искусственная почва) | 5 | 9 | 12 | 14 | 17 | 19 |
| Салат 1 (искусственная почва) | 4 | 7 | 10 | 12 | 14 | 15 |
| Салат 2 (искусственная почва) | 1 | 4 | 5 | 7 | 9 | 12 |
| Салат (урбанизированная почва) | 0 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 7 |

Приложение 2

Изменение угла наклона побега

|  |  |
| --- | --- |
| Название культуры и тип почвы | Угол наклона растений, ̊ |
| 1 день | 2 день | 3 день | 4 день | 5 день |
| Фасоль (урбанизированная почва) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Фасоль (искусственная почва) | 72 | 70 | 68 | 65 | 62 |
| Салат 1 (искусственная почва) | 90 | 85 | 75 | 73 | 64 |
| Салат 2 (искусственная почва) | 85 | 70 | 65 | 55 | 50 |
| Салат (урбанизированная почва) | 0 | 75 | 65 | 60 | 56 |

Приложение 3

Фотоматериалы по изучению влияния факторов среды на движения растений

