



ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

В разделе публикуются исследовательские работы школьников, выполненные в самых разных областях знаний. В журнале представлены исследования участников различных всероссийских конкурсов и конференций.

Исследовательский проект «Стимуляция цветения растений и созревание овощей под действием этилена»

Нарицин Дмитрий,

учащийся 10 класса МБОУ СОШ № 7, г. Саянск Иркутской области

Цель проекта:

1. Формирование целостного представления о влиянии этилена на рост и развитие растений.

2. Формирование целостного представления о влиянии этилового спирта на помидоры.

3. Совершенствование практических навыков сбора информации и умения обрабатывать и систематизировать полученные знания.

4. Совершенствование практических навыков получения и применения этилена с целью стимуляции цветения комнатных растений (свойство, которое используют, в частности, в теплицах для ускорения созревания плодов).

Задачи:

Рассмотреть биологическую активность этилена; влияние его на рост и развитие растений. Изучить нормы и сроки введения этилена.

Провести эксперименты: а) «Стимуляция цветения комнатных растений под действием этилена»; б) «Стимуляция цветения комнатных растений карбидом кальция».

Доказать выгодный эффект влияния этилена на быстрое цветение комнатных растений и ускоренное созревание плодов.

Актуальность проекта. Этилен, точнее, этиленпродуценты — соединения, разрушение которых сопровождается выделением этилена, имеют широкое применение в практике сельского хозяйства. В ничтожно малых концентрациях этот газ оказывает на растения тройную реакцию: тормозит растяжение, способствует утолщению и изменяет горизонтальную ориентацию. Позже было доказано, что этилен ускоряет созревание плодов. Народное средство, ускоряющее процесс созревания, — окуривание дымом. Действующее начало в дыме — окись углерода и этилен. Ещё в 20-х годах нашего столетия этилен был испытан в качестве вещества, ускоряющего созревание. Его ценность в том, что это естественный фактор созревания, ведь растения сами на стадии созревания плодов продуцируют этилен. Закончившие рост, но ещё зелёные плоды, помещают в герметические камеры при температуре 20–22°C. В эти камеры периодически подается этилен. Конкретное количество этилена зависит от вида плодов. В этих условиях помидоры созревают за 5–6 суток (вместо 10–12), лимоны и апельсины — за 4–5 суток (вместо 20–25). Недостаток этилена — его летучесть. Этилен — газообразный гормон. Этот гормон является газом и находится внутри растения в растворённой форме.

При этом он может улетучиваться и влиять на другие растения. Следовательно, этилен можно использовать не только для ускорения созревания плодов, но и для стимуляции цветения комнатных растений. Всё это определяет большое внимание биохимиков, физиологов, генетиков, молекулярных биологов и практиков к изучению этилена. Данный материал можно использовать:

- для проведения спецкурсов по биологии, экологии, химии;
- как дополнительный материал на уроках химии при изучении темы «Этилен»;
- садоводам, применяя идею о быстром цветении растений и созревании овощей и фруктов под действием «карбидной воды» на садово-огородных участках.

Сроки выполнения. Исследование проводилось в два этапа: I этап — с ноября 2011 г. по март 2012 г. II этап — с мая 2012 г. по сентябрь 2013г.

На первом этапе изучался вопрос стимуляции цветения комнатных растений действием этилена. На втором этапе более подробно шло изучение этилена как стимулятора цветения ананасов (семейство бромелиевых), изучалось влияние этилового спирта на томаты.

Открытие этилена

Впервые этилен был получен в 1669 г. немецким химиком Иоганном Иохимом Бехером нагреванием этилового спирта с концентрированной серной кислотой. Современники не смогли по достоинству оценить открытие учёного. Ведь Бехер не только синтезировал новый углеводород, но и впервые применил химический катализатор в процессе реакции. До этого в научной практике применялись только биологические катализаторы природного происхождения — ферменты. Этилен более 100 лет после его открытия не имел собственного названия. В конце XVIII века выяснилось, что при взаимодействии с хлором «газ Бехера» превращается в маслянистую жидкость; после чего его назвали олефином, что значит «рождающий масло». Затем это название распространилось на все углеводороды, которые имели подобное этилену строение.

Биологическая активность этилена

Этилен подавляет рост корня, ускоряет старение, что хорошо прослеживается на листьях и цветках растений. Этилен ус-

коряет также созревание плодов, вызывает опадение листьев и плодов.

В ответах растений на различные повреждающие воздействия — механические, химические и биологические — также участвует этилен. Он вовлекается в ответ растений на атаку патогенов. Этилен включает системы защиты растений от патогенов. При этом он индуцирует синтез большого числа ферментов, например ферментов, разрушающих клеточную стенку грибов (хитиназы, специфические глюканазы), а также ферментов, участвующих в синтезе фитоалексинов — соединений, ядовитых для патогена. При поранении растений происходят синтез и выделение этилена. Есть данные о том, что при объедании листьев древесных растений животными объеденное растение выделяет этилен и под его воздействием в листьях соседних растений могут синтезироваться вещества, делающие листья невкусными для животных [4].

Практическое применение этилена

Этилен используют для ускорения созревания овощей и фруктов, прорезывания цветков, ускорения опадения плодов и листьев. Применяют его и для регулирования процесса дифференциации пола у некоторых овощных культур.

Народное средство, ускоряющее процесс созревания, — окуривание дымом. Действующее начало в дыме — окись углерода и этилен. Ещё в 20-х годах нашего столетия этилен был испытан в качестве вещества, ускоряющего созревание. Его ценность в том, что это естественный фактор созревания, ведь растения сами на стадии созревания плодов продуцируют этилен. Закончившие рост, но ещё зелёные плоды помещали в герметические камеры при температуре 20–22°C. В эти камеры периодически подаётся этилен. Конкретное количество этилена зависит от вида плодов. В этих условиях помидоры созревают за 5–6 суток (вместо 10–12), лимоны и апельсины — за 4–5 суток (вместо 20–25). Недостаток этилена — его летучесть.

Стимуляция цветения растений и созревания овощей и фруктов действием этилена

Оказывается, растения и плоды содержат особый гормон этилен, который контролирует процесс созревания. И от его количества напрямую зависит сохранность



плода: чем этилена больше, тем хуже хранится продукт. В клетках, предположим, яблока затормаживаются метаболические процессы — понижается интенсивность дыхания и ферментативная активность. В итоге созревание останавливается.

Так называемый гормон созревания — этилен, запускающий процессы созревания в растениях был открыт ещё в 1912 году русским учёным Дмитрием Нелюбовым. Сегодня на этом принципе основаны сенсоры, автоматически определяющие степень созревания фруктов. Датчики в хранилищах измеряют содержание этилена в воздухе, благодаря чему можно с высокой точностью оценить, пора ли продавать зимние сорта яблок или им надо ещё полежать. Почти за 100 лет, прошедших с момента открытия действия этилена на растения, исследования в этой области прошли через несколько пиков. Первый был связан с выяснением всей полноты эффектов этилена на растения и с его практическим применением в сельском хозяйстве. Второй определился успехами в области изучения биосинтеза этилена в самом растении и выяснении роли этого процесса в ответе растений на внешние воздействия. Третий проходит в наши дни. Он связан с изучением генетики и молекулярной биологии восприятия и передачи гормонального сигнала в растениях. Этот этап обещает дать в руки исследователей принципиально новые пути управления жизнью растений через получение генно-инженерным путём трансформантов с заданными параметрами роста, плодоношения и скорости созревания плодов [2]

Расчёт этилена

Этилен является природным стимулятором — его накопление в плодах способствует их созреванию, что используют для искусственного ускорения созревания. Опыт по ускорению цветения растений под действием этилена я поставил в условиях школьного химического кабинета. Опытным путём установлено: для созревания плодов и ускорения цветения растений необходимо, чтобы один объём этилена приходился на 2000 объёмов воздуха (1:2000) [4].

Этилен я получал из этилового спирта и концентрированной серной кислоты в специально собранном аппарате, (прил. 1, 2). Под действием концентрированной серной кислоты в присутствии катализато-

ра — кварцевого песка — этиловый спирт отщепляет воду с образованием этилена:



Расчёт этилового спирта

Для проведения эксперимента я рассчитал, сколько надо взять этилового спирта, чтобы получить нужное для опыта количество этилена.

Прежде всего, мне необходимо было рассчитать объём камеры. Объём камеры равен 1 м³, или 1000 л. Для получения концентрации этилена 1:2000 в камере такого объёма необходимо 0,5 л этилена (1000:2000) ежедневно, на 6 дней — 3 л. По уравнению реакции 1 моль C₂H₅OH образует 22,4 л этилена:

$$46 \text{ г} - 22,4 \text{ л}$$

$$x \text{ г} - 3 \text{ л}$$

$$x = 46 \cdot 3 / 22,4 = 6,1 \text{ г (на 6 дней)}.$$

Стимуляция цветения комнатных растений под действием этилена

В качестве камеры для стимуляции цветения растений я использовал шкаф, который хорошо загерметизировал. В камеру поместил растения *гвоздику*, *Spathiphyllum cannaefolium*, *Anthurium*; раз в сутки, предварительно её, проветрив, подавал этилен (прил. 3) в течение недели.

Под действием этилена гвоздика уже на третий день пустила множество боковых побегов, а через 28–30 дней *после* стимуляции растения этиленом появились цветочные почки (прил. 4). У растения *Spathiphyllum cannaefolium* на 4 день стимуляции этиленом появились листовые пластинки, а цветочная почка через 16 дней после стимуляции (прил. 5).

В кабинете химии есть очень красивое растение — *Anthurium*. Растение хорошо развито, активно растёт, достигло необходимого возраста (растению 2 года), но не цветёт, я решил помочь растению. Данное растение я также поместил в герметическую камеру, в которую ежедневно в течение 7 дней при температуре 20–22°C пропускал этилен (прил. 6). Под действием этилена антуриум уже на 6 день стимуляции этиленом дал новые листовые пластинки и цветочную почку между листьями (прил. 8). Через три недели *после* стимуляции растения этиленом (19–20 дней) у антуриума появились ещё две цветочные почки (прил. 7, 8).

Подкормка комнатных растений в кабинете химии карбидом кальция

Самым простым стимулятором цветения растений является этилен. Но есть и другой способ заставить цвести хорошо развитое растение — это подкормка растения карбидом кальция («карбидной водой»). Я получал её следующим образом: в 100 г воды растворял 1 г карбида кальция (вещество, используемое газосварщиками). После суточного настаивания в закрытой банке раствор аккуратно сливал в другую ёмкость без примеси осадка. Карбид кальция при взаимодействии с водой даёт ацетилен, микрофлора почвы восстанавливает его до этилена, что и нужно для цветения многих растений. Этой «карбидной водой» раз в сутки в течение недели я поливал *хризантемы* (растениям 1–2 года) и *Dieffenbachia magnific* (растению 4 года). Разовая доза — от 20 до 50 граммов.

Из дополнительной литературы [1] я узнал, что *Dieffenbachia magnific* может цвести. Но цвести могут лишь самые сильные и старые экземпляры. Я решил проверить, — сможет ли «карбидная вода» заставить растение цвести? Через 7 недель после стимуляции карбидной водой растение образовало группы соцветий, ещё через две недели бутоны распустились (прил. 9).

У хризантем появились цветочные почки через 8 недель после стимуляции «карбидной водой» (прил. 10). На мой взгляд, этот способ более трудоёмкий, а также использование карбида кальция сопровождается ещё и сильным неприятным запахом.

Если карбид кальция достать не удалось, можно поступить иначе: в большой полиэтиленовый мешок поставить горшок с растением и туда же положить несколько зрелых яблок, помидоров или спелых бананов и плотно завязать его. Этот метод проще, но гораздо менее эффективен — цветение наступает не всегда.

Выращивание ананаса в домашних условиях

В газете «Для садоводов и огородников» я прочитал статью «Как вырастить ананас в домашних условиях». Сочный, ароматный, с божественным вкусом, этот плод был украшением банкетов ещё во времена Пушкина. Но я до сих пор счи-

тал, что ананасы растут на деревьях или пальмах. В действительности же это весьма неприметного вида трава из семейства бромелиевых, представляющая собой розетку жёстких линейных листьев до 75 см длиной. В центре у неё развивается соцветие, состоящее более чем из ста плотно сросшихся цветков. Из них затем формируется соплодие. Ананас практически не разводят как декоративное растение, но я решил попробовать вырастить его из любопытства, хотя риск неудачи был достаточно большой.

Из истории ананаса

Ананас — многолетнее травянистое плодородное растение семейства бромелиевых. Теплолюбивое, светолюбивое и засухоустойчивое растение. Его линейные листья собраны в розетку, в длину достигают 90 см, жёсткие, как правило, с колючками по краям. Соцветие на мясистой цветоножке, простое, из густо и спирально расположенных на оси цветков. Цветки двуполые. Соплодие ананаса по своему строению похоже на соплодие малины. Оно состоит из отдельных сочных плодиков, сидящих на центральном стержне, пронизывающем соплодие от основания до верхушки, на которой расположен пучок листьев. Окраска плодов в зависимости от сорта бывает жёлтого, золотистого, красного и даже фиолетового цвета.

Родиной ананаса является Южная Америка. Ведущими районами производства ананаса являются Гавайские и Азорские острова, а также Филиппины, Австралия, Мексика, Бразилия, Гана, Гвинея. Значительно расширились плантации в Индии. В России ананасы можно выращивать в теплицах. Формирование и созревание плодов длится 90–200 дней. Кисло-сладкие, очень сочные и ароматные бессемянные плоды ананаса культурных сортов бывают массой от 2 до 15 кг. Размер плода очень сильно варьирует в зависимости от сорта и условий выращивания.

Посадка ананаса

Перед посадкой выбрал плод со здоровой зелёной «ботвой» и живой серединкой. Зелёную розетку ананаса срезал у самого основания соплодия, без мякоти, и промыл её в розовом растворе марганцовки. Затем срез присыпал порошком активированного угля, купленного в аптеке (чтобы не пересушить саженец, но предотвратить загнивание мякоти). После



этого дал подсохнуть срезу 5–6 ч. Подсушенную розетку высадил в горшок ёмкостью не более 0,6 л на глубину примерно 3 см (глубина посадки имеет большое значение, поскольку растение должно прочно сидеть в земле) (прил. 11). На дно горшка насыпал дренаж. У меня под рукой была только смесь для фиалок, в неё и посадил. Сверху слоем 1 см насыпал смесь листового перегноя и песка в соотношении 1:1 (но вообще, проще купить в магазине готовую земляную смесь для бромелиевых), после чего землю хорошо утрамбовал.

Почву немного полил и накрыл прозрачным полиэтиленовым пакетом (цель этой манипуляции — поддержание в окружающей среде тропической влажности), поставил в тёплое, с неярким светом, место. Так как укоренение ананаса проходило в декабре, то горшок с черешком ананаса я поставил на батарею, предварительно подложив под него пенопластовую подставку.

Далее проветривал, понемногу поливал, так как почва под куполом остаётся влажной. Раз в один-два дня брызгал на розетку тёплой водой из распылителя.

Никакими стимуляторами я не пользовался, хотя посадка была в декабре. Примерно через 2,5–3 месяца листочки в середине розетки стали увеличиваться и начинали расти новые листья. После того, когда стало видно, что растение прижилось и активно начало расти, снял с него полиэтиленовый пакет и пересадил в более питательную смесь.

Важнейшие условия при выращивании ананаса — температура и свет. Летом температура должна быть 28–30°C, ну самое малое — 18–20°C. В тёплые солнечные дни растение можно выносить на улицу, но если ночью температура опускается ниже 16–18°C, то его вечером заносят в комнату. Зимой ананас содержат при температуре 22–24°C. При температуре ниже 18°C ананас перестаёт расти и погибает. Переохлаждение корневой системы тоже губительно сказывается на растении, поэтому нежелательно ставить его на подоконник, близко к холодному окну. Зимой растение обязательно подсвечивают люминесцентной лампой, чтобы световой день составлял не менее 12 часов.

Полив

Поливал ананас только тёплой, нагретой до 30°C, подкисленной лимонным соком водой. Поливая растение, воду заливают и в розетку, но нужно учитывать, что

чрезмерное переувлажнение приводит к загниванию корней, поэтому между поливами земля должна слегка подсохнуть. Кроме правильного полива ананас нуждается в частых опрыскиваниях тёплой водой. Главный поглощающий орган у них не корень, а лист. Бромелиевые создают резервуары воды на большой высоте с уникальной биотой, развивающийся в них. Из резервуара листья впитывают минеральные соли, отсюда же растения «пьют», когда наступает засушливое время. Без воды в розетке листьев бромелиевые существовать не могут.

Подкормка ананаса

Каждые 10–15 дней растение подкармливал жидкими комплексными минеральными удобрениями типа «Азалия». Обязательно 1–2 раза в месяц ананас опрыскивал и поливал подкисленным раствором железного купороса из расчёта 1 г на 1 л воды. Щелочные удобрения, такие как древесная зола и известь, растение не переносит.

Пересадка ананаса

Пересаживал ананас ежегодно, только способом перевалки, не разрушая кома земли. Так как, корневая система у ананаса очень маленькая, поэтому ёмкость горшка увеличивал незначительно. Даже взрослое растение содержат в 3–4-литровых горшках. Почва должна быть рыхлой, питательной и иметь кислотную реакцию pH 4–6.

Этилен и цветение ананаса

Из дополнительной литературы [1] я узнал, что при правильном уходе ананас начинает плодоносить на 3–4-й год. Правда, взрослый ананас нужно ещё заставить цвести. Когда мой ананас достиг трёхлетнего возраста, он упорно не давал стрелы-цветоноса. Я решил помочь растению. Сначала выбрал наиболее простой путь: в большой полиэтиленовый мешок поставил горшок с ананасом и туда же положил несколько зрелых яблок и поместил пакет в тёмное место. Яблоки должны были постепенно выделять этилен, что заставило бы ананас выпустить цветочную стрелку и плодоносить (о волшебных свойствах этилена известно ещё с 1901 года).

Через 7 дней вынул растение из пакета и переставил на прежнее, солнечное место. Через 2–2,5 месяца из центра розетки должно было появиться соцветие. Однако

этот простой метод оказался неэффективен — цветение ананаса так и не наступило. Далее решил стимулировать цветение растения при помощи окуливания: на растение надевал плотный полиэтиленовый пакет рядом с горшком на 10 мин. клал несколько дымящихся углей или пару сигарет, соблюдая меры пожарной безопасности. Процедуру повторял 3 раза с интервалом 7 дней. Стимуляция цветения ананаса при помощи окуливания также не дало результатов.

Самым простым стимулятором цветения ананасов (да и всех растений из семейства бромелиевых) является этилен [2]. Получать этилен и рассчитывать его количество я научился, работая над исследовательской темой «Стимуляция цветения комнатных растений действием этилена». Поэтому в середине мая я принёс ананас в кабинет химии для стимуляции цветения его действием этилена. Данное растение, я поместил в герметическую камеру, в которую ежедневно в течение 10 дней при температуре 20–22°C пропускал этилен примерно 15–20 минут (до выделения всего этилена).

Через **неделю**, после стимуляции ананаса этиленом я произвёл подкормку растения карбидом кальция («карбидной водой»). Я получал её следующим образом: в 0,5 л воды растворял 1 чайную ложку карбида кальция. После суточного настаивания в закрытой банке раствор аккуратно сливал в другую ёмкость без примеси осадка. Этот настой раз в сутки в течение недели вливал в центр листовой розетки. Разовая доза — около 50 граммов. Карбид кальция при взаимодействии с водой даёт ацетилен, микрофлора почвы восстанавливает его до этилена, что и нужно для цветения многих растений. Этой «карбидной водой» раз в сутки в **течение недели** я поливал ананас.

Самая ответственная часть нашего проекта — ожидание! Примерно через 45 дней на верхушке нашего ананаса появились цветы с красными гребешками (прил. 12), а впоследствии и сам плод (прил. 13). В период появления стрелы-цветоноса почву всё время увлажняли. К концу июля (примерно через 25 дней с момента формирования плода) соцветие ананаса зацвело (прил.14). Для созревания плода необходимо примерно шесть месяцев, и мы сможем к концу декабря насладиться вкусом и ароматом тропиков в нашем доме (прил. 15).

Влияние этилового спирта на ускоренное покраснение помидоров

Погода нынешнего лета многих садоводов заставляла снимать помидоры с кустов недозревшими, поскольку велик риск потерять урожай от заболевания фитофторой. Зелёные или слегка белесые плоды с успехом дозревают в тёплом сухом месте. Для ускорения созревания снятых помидоров надо положить среди них несколько красных, так как спелые помидоры выделяют этилен, и именно этот легколетучий газ ускоряет созревание плодов. Причём «поторопить» можно даже малыша размером с грецкий орех.

Я решил попробовать ускорить созревание томатов прямо на кусте. Так как спелые помидоры выделяют этилен, то можно было бы один или два зрелых помидора поместить в полиэтиленовый пакет и надеть его на гроздь зелёных плодов, выдержав их вместе несколько суток. Такая процедура показалась мне очень неудобной. Но почему бы не использовать инъекции с этиловым спиртом? Ведь в предыдущих исследованиях я получал этилен именно из этилового спирта. Решил проэкспериментировать. Для этого перво-наперво удалил все кисти с нераспустившимися цветками и нижние сухие, пожелтевшие листья, а также пасынки.

Прищипнул главный стебель и боковые побеги, снял треть листьев, чтобы все силы растения ушли на созревание плодов, а не на рост растения. Затем ввёл медицинским шприцом по 0.5 мл 76% этилового спирта в каждый из трёх плодов одного из кустов. Спирт вводил у основания плода, чтобы не попортить кожицу. Далее ответственная часть проекта — наблюдение. От инъекции зелёные плоды через 8–10 дней приобрели оранжевую окраску (прил. 16). Первым созревало гнездо плода, куда был сделан укол. Другие плоды, растущие на этом же кусте, но не участвовавшие в эксперименте, начали краснеть примерно через две недели. При этом вкус таких помидоров практически не отличался от помидоров созревших обычным способом.

На опыте я лично убедился, что данный способ ускорения созревания томатов работает. Конечно, в промышленных масштабах использование подобного способа ускорения созревания может и нецелесообразно. Слишком велики трудозатраты



(в теплицах тысячи кустов). Но я считаю, что в личных подсобных хозяйствах вполне возможно такое применение этилового спирта. Мне кажется, что покраснение помидоров на 2 недели раньше — вполне оправданно (прил. 17).

Выводы

Применение этилена — ускоряет процесс цветения растений, быстрое созревание овощей и фруктов.

При стимуляции цветения растений необходимо учитывать нормы и сроки введения этилена (для созревания плодов и ускорения цветения растений необходимо, чтобы один объём этилена приходился на 2000 объёмов воздуха (1:2000)).

Для *цветущих* цветов этилен скорее вреден, так как заставляет опадать цветы раньше срока. Больше всего этилена выделяют зрелые фрукты и овощи, так что не стоит ставить цветы рядом с ними.

Эффект от стимуляции цветения растений непосредственным введением этилена немного выше, нежели подкормка

растений «карбидной водой» (цветочные почки появляются через 2–3 недели после стимуляции этиленом, а при поливании «карбидной водой» спустя 1,5–2 месяца после стимуляции растения).

Необходимо заметить, что при стимуляции этиленом («карбидной водой») цвести могут лишь самые сильные растения, готовые к семенному и вегетативному размножению.

Этиловый спирт ускоряет созревание плодов (томатов) на 1–2 недели.

Литература

1. *Гесдерфер М.* Всё о комнатных растениях [Текст]/М. Гесдерфер. — М.: Эксмо, 2002.
2. *Кулаева О.Н.* Как регулируется жизнь растений [Текст]/ О.Н. Кулаева // Соросовский образовательный журнал. — 1995. — № 1. — С. 20–27.
3. *Кулаева О.Н.* Этилен в жизни растений [Текст]/О.Н. Кулаева// Биология. — 2008. — № 4. — С. 13–17.
4. *Полевой В.В.* Фитогормоны. [Текст]/ В.В. Полевой. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. — 249 с.