МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДЕТСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»

Изучение действия ряда фитогормонов на картофель и иные объекты

Номинация «Агростарт»

Автор работы:
Калиниченко Иван
Руководитель:
Фатеева Галина Николаевна,
п.д.о. МБУ ДО «Детский экологический центр»

г. Михайловск
2026

Оглавление:

	Введение.....	3
1.	Литературный обзор.....	4
1.1.	История открытия и изучения фитогормонов.....	5
1.2.	Классы фитогормонов и их действие на растительные организмы…….	5
1.2.1.	Ауксины.....	5
1.2.2.	Гиберелловые кислоты.....	6
1.2.3.	Цитокинины.....	7
1.2.4.	Брассинолиды, этилен, абсцизовая кислота.....	7
2.	Место, время, объекты и методики исследования……...	9
3.	Результаты исследования……	9
3.1.	Изучение влияния фитогормонов на черенки Толстянки плауновидной……...	9
3.2.	Изучение влияния фитогормонов на черенки Картофеля……...	11
	Выводы и перспективы дальнейшего исследования……...	12
	Библиографический список.....	13
	Приложения.....	14

Введение

Под известным каждому словом «гормоны» понимают органические соединения, вырабатываемые определенными клетками и предназначенные для управления функциями организма, их регуляции и координации.

У высших животных есть две регуляторных системы, с помощью которых организм приспосабливается к постоянным внутренним и внешним изменениям: нервная система, отвечающая за т.н. нервную регуляцию (относительно молодая в эволюционном смысле); другая - эндокринная, ответственная за гуморальную (химическую) с помощью гормонов (наиболее древняя). Гормоны есть у всех млекопитающих, включая человека; они обнаружены и у других живых организмов. Хорошо описаны гормоны растений или, как их еще называют - фитогормоны.

Исследованию воздействия различных фитогормонов на растительный организм и посвящена данная работа.

Целью исследования мы определили изучение влияния некоторых фитогормонов на модельный растительный организм.

Задачи исследования:

- подбор подходящего модельного организма для дальнейшего исследования;
- исследование влияния ряда фитогормонов на данный объект как поодиночке, так и в сочетаниях;
- анализ полученных данных и разработка плана дальнейшего исследования.

Проблематика изучения фитогормонов и их влияния на растения в настоящее время представляется весьма **актуальной**, т.к. позволяет раскрыть принципы управления растительным организмом и результаты могут быть широко использованы в сельском хозяйстве и иных областях.

Новизна работы состоит в том, что: во-первых, исследования комплексного действия различных фитогормонов по отдельности и различных сочетаниях практически не проводились на базе детских объединений и, во-вторых, ряд изученных нами модельных объектов ранее не изучались.

Работа ведется в течение 2025-2026 гг. и будет продолжена.

1. Литературный обзор

Фитогормоны - низкомолекулярные органические вещества, вырабатываемые растениями и имеющие регулярные функции. Действующими являются низкие концентрации фитогормонов (до 10-11 мг/л), при этом вызывают различные физиологические и морфологические изменения в чувствительных к их действию частях растений.

В отличие от животных, растения не имеют специальных органов, синтезирующих гормоны; вместе с тем отмечается большая насыщенность гормонами некоторых органов по сравнению с другими. Так, ауксинами богаче всего верхушечные меристемы стебля, гиббереллинами – листья, цитокининами – корни и созревающие семена. Фитогормоны обладают широким спектром действия. Они регулируют многие процессы жизнедеятельности растений: прорастание семян, рост, дифференциацию тканей и органов, цветение, созревание плодов и т.п. Образуясь в одном органе (или его части) растения, фитогормоны обычно транспортируются в другой (или его часть).

1. 1. История открытия и изучения фитогормонов

Экспериментальное исследование фитогормонов началось задолго до того, как был предложен сам термин «гормоны»

Еще в 1880 Ч. Дарвин в книге «О способности растений к движению» описал опыты по изучению изгибания проростков злака по направлению к свету. Было установлено, что свет воспринимается только самой верхушкой колеоптиля, тогда как изгиб происходит в нижележащей зоне, которая сама по себе нечувствительна к свету. Дарвин предположил, что какой-то химический стимул перемещается из верхушки до эффекторной (восприимчивой) зоны, вызывая в ней характерный изгиб растения. Дальнейшие исследования обнаруженного феномена привели в 1931-1934 годах к открытию и установлению химической структуры основного ауксина растений — индолилуксусной кислоты (Ф. Кегль и др., Голландия, К. В. Тиманн, США).

Однако гораздо раньше была определена химическая природа другого фитогормона: еще в 1901 в своих опытах на проростках гороха в Санкт-Петербургском университете Д. Н. Нелюбов показал, что газ этилен в чрезвычайно низких концентрациях нарушает нормальный рост растений. К 1930 был установлен широкий спектр влияний этилена на растения. В 1934 Р. Гейном было окончательно доказано, что этилен синтезируется самим растением и регулирует многие важные физиологические реакции, т. е. отвечает всем критериям фитогормона.

В середине 1930-х годов учеными из Токийского университета (Т. Ябута и др.) из паразитического гриба Gibberella, поражение которым вызывало чрезмерное вытягивание проростков риса, были выделены первые гиббереллины; структура одного из них (гибберелловой кислоты) была полностью расшифрована английским ученым Б. Кроссом в 1954. Вскоре гиббереллины были обнаружены и в составе растений.

В 1955 в США Ф. Скугом и др. из препарата ДНК спермы сельди был выделен и охарактеризован фактор, сильно стимулирующий деление растительных клеток в культуре, названный кинетином. В 1963 австралийский ученый Д. Лейтем выделил природный аналог кинетина из незрелых зерновок кукурузы, названный им зеатином. Впоследствии были найдены другие аналоги кинетина со сходной физиологической активностью, получившие общее название цитокинины.

Открытием абсцизовой кислоты завершилось длительное исследование природных ингибиторов роста растений (Ф. Уоринг и др.). Структура абсцизовой кислоты подтверждена прямым синтезом английским ученым Дж. Корнфорт в 1965.

В России теория фитогормонов получила сильную поддержку в 1936-1937 гг. благодаря работам М.Чайлахяна в Институте физиологии растений и выдвинутой им концепции гормона флоригена, вызывающего зацветание растений.

1. 2. Классы фитогормонов и их действие на растительные организмы

Общепринята классификация, в которой среди растительных гормонов выделяют 5 основных групп классических гормонов. Основные группы классических гормонов:

1. Абсцизины
2. Ауксины
3. Цитокинины
4. Этилен
5. Гиббереллины

Часто к этому списку добавляют и другие соединения: брассиностероиды, жасмонаты, полипептидные гормоны, крезацин, олигосахариды.

1.2.1. Ауксины

Ауксины (от др. греч. αὔξω - увеличиваюсь, расту) - стимуляторы роста плодов (побегов) растений, обладают высокой физиологической активностью.

Природные ауксины являются производными индола: 3-(3-индолил) пропионовая, индолил-3-масляная, 4-хлориндолил-3-уксусная и 3-индолилуксусная кислоты. Наиболее распространенным ауксином, широко применяющимся в растениеводстве, является гетероауксин - индолил-3-уксусная кислота (приложения, формулы, рис. 2). Они влияют на рост клетки в фазах растяжения, стимулируют рост клеток камбия, обуславливают взаимодействие отдельных органов, регулируют коррелятивный рост.

Гетероауксин - вещество группы ауксинов, фитогормон, стимулятор роста растений. Химическое вещество высокой физиологической активности, образующееся в растениях и влияющее на ростовые процессы (т. н. гормон роста); один из наиболее широко распространённых ауксинов.

Впервые выделен в 1934 из культуры плесневых грибов и др. микроорганизмов голландским химиком Ф.Кеглем с сотрудниками; позднее обнаружен и у

высших растений; образуется из аминокислоты триптофана в листьях, а затем перемещается в растущие стебли и корни растений, где окисляется и переходит в деятельное состояние. Физиологическая роль гетероауксина в растениях настолько разнообразна, что и по сей день не выяснена во всех деталях.

Помимо стимуляции растяжения клеток растений, гетероауксин влияет и на многие другие процессы. Под его действием интенсифицируется деление клеток. Известно, что процесс опадения листьев контролируется гетероауксином: перед опадением его приток из листа в черешок сильно сокращается. Обработка черешка гетероауксином предотвращает опадение. Особенно сложными кажутся механизмы регуляции гетероауксином процессов цветения и плодоношения. Он влияет на пол образующегося цветка, на рост и формирование пыльцевой трубки. Установлено также, что рост плодов стимулируется гетероауксином, образующимся в семенах и поступающим оттуда в ткань плода. Если семена удалить, рост плода прекращается, однако он опять возобновится после того, как плодовая ткань начнет получать гетероауксин искусственным путем.

1.2.2. Гиберелловые кислоты (гиббереллины)

Гиббереллины - группа гормонов растений, регулирующих рост и разнообразные процессы развития такие как: удлинение стебля, прорастание семян, цветение, проявление пола. У растений, грибов и бактерий найдено 136 различных, близких по строению, веществ, относимых к группе гиббереллинов (приложения, формулы, рис.5). Таким образом, гиббереллины - самый обширный класс фитогормонов.

Гиббереллины открыты японским учёным Е. Куросава (1926) при исследовании болезни риса (чрезмерном его росте), вызываемой грибом Gibberella fujikuroi Sow. В1935 японский учёный Т. Ябута выделил гиббереллины из этого гриба в кристаллическом виде и дал им существующее название (Полевой, 1982).

У высших растений наиболее богаты гиббереллинами быстрорастущие ткани; они содержатся в незрелых семенах и плодах, проростках, развёртывающихся семядолях и листьях.

Гиббереллины применяют в практике растениеводства для повышения выхода волокна конопли и льна, для увеличения размеров ягод у бессемянных сортов винограда, для повышения урожайности трав, стимуляции прорастания семян (обработка гиббереллинами нарушает состояние покоя тканей и оказывает стратифицирующее действие на семена; при естественном выходе семян из состояния покоя содержание эндогенных гиббереллинов повышается) и др. Так как гиббереллины вызывают резкое ускорение роста зелёной массы растений, применение их должно сопровождаться усилением питания растений.

Гиббереллины получают главным образом микробиологическим способом из продуктов жизнедеятельности грибов рода Fusarium.

1.2.3. Цитокинины

Цитокинины (СК) - класс гормонов растений стимулирующих деление клеток, химически представляют собой производные пурина (приложения, формулы, рис.3).

Цитокинины вовлечены в рост растительных клеток и другие физиологические процессы. Эффект цитокининов впервые был открыт на кокосовом молоке в 1940 году Фольком Скугом.

Цитокинины синтезируется в основном в корнях, а также в стеблях и листьях. Цитокинины обнаружены, в самых различных растительных тканях. Особенно много их в верхушках корней, пасоке, созревающих плодах, например томатов, бананов, яблонь, слив, в опухолевых тканях и в прорастающих семенах, в клубнях картофеля. С возрастом концентрация цитокининов в листьях падает.

Цитокинины образуются также в почках, в основании листьев, в созревающих семенах и в зародышевой оси прорастающих семян, но эти цитокинины не передвигаются в другие органы.

Физиологические проявления цитокининов:

- влияют на деление клеток, в некоторых клетках могут регулировать и их растяжение;
- оказывают влияние на направление дифференциации клеток и тканей;
- способствуют пробуждению и росту боковых почек, задерживают старение листьев;
- повышают устойчивость к различным неблагоприятным условиям среды;
- усиливают передвижение веществ к обогащенным ими тканям.

1.2.4. Брассинолиды, этилен, абсцизовая кислота

Этилен - первое вещество, которое стало рассматриваться как фитогормон. Этилен (приложения, формулы, рис.1) обладает многообразным физиологическим действием: ускоряет созревание сочных плодов, стимулирует старение и опадение листьев и увядание цветков, вызывает так называемую «тройную реакцию» у этиолированных проростков (ингибирование растяжения, утолщение и горизонтальная ориентация стебля), у проростков двудольных растений формирует гипокотильную петлю, индуцирует корнеобразование на стебле, у многих видов ускоряет прорастание пыльцы, семян, клубней и луковиц.

Этилен и его продуценты (вещества, при разложении которых в растении образуется этилен) активно используются в сельском хозяйстве. Их применяют для ускорения предуборочного дозревания плодов и облегчения их уборки, особенно машинной. Продуценты этилена замедляют рост соломины злаков (ретардантная активность), усиливают кущение, вызывают дефолиацию хлопчатника и других культур, интенсифицируют и синхронизируют зацветание ананасов, увеличивают отделение латекса деревьями гевеи. Под влиянием этилена увеличивается доля женских (продуктивных) цветков у культур тыквенных. Контролируемое содержание этилена помогает дольше сохранять корне- и клубнеплоды, а также фрукты.

Абсцизовая кислота (АБК, абсцизин, дормин) - это гормон растений (приложения, формулы, рис.4). Показана роль абсцизовой кислоты во многих процессах развития растений, в частности, в спячке почек.

Первоначально для абсцизовой кислоты предполагалась роль в опадании листьев, но в настоящий момент такая роль показана лишь для небольшого числа растений. У растений описаны сигнальные пути связанные с абсцизовой кислотой при ответе на стресс и патогенны. Показана роль абсцизовой кислоты в опадании листьев. При подготовке к зиме абсцизовая кислота синтезируется в концевых почках растений. Это приводит к замедлению роста, а из прилистников образуются защитные чешуйки, покрывающие спящие почки в холодный период. Абсцизовая кислота останавливает деление клеток камбия и останавливает рост.

Абсцизовая кислота также образуется в корнях растений в ответ на снижение водного потенциала, а также при стрессе. Затем абсцизовая кислота поступает в листья, где изменяет осмотический потенциал устьичных клеток, и вызывает закрывание устьиц. Закрывание устьиц снижает транспирацию и предотвращает дальнейшую потерю воды через листья.

Эффекты абсцизовой кислоты:

- вызывает закрывание устьиц, снижает транспирацию и предотвращает потерю влаги;
- останавливает созревание плодов;
- останавливает прорастание;
- ингибирует синтез ферментов, необходимых для фотосинтеза.

Брассиностероиды - фитогормоны класса стероидов, поддерживающие нормальное функционирование иммунной системы растения, особенно в неблагоприятных условиях, например, при пониженных температурах, заморозках, затоплении, засухе, болезнях, действии пестицидов, засолении почвы и др.

Брассиностероиды – стрессовые адаптогены, обладающие сильной ростостимулирующей активностью. Содержатся в каждой растительной клетке в очень малом количестве. Концентрация ферментов биосинтеза брассиностероидов наиболее высока в молодых тканях растения: этиолированных проростках, меристемах, развивающейся пыльце.

Первый представитель группы брассиностероидов – брассинолид – был выделен американскими учеными в 1979 году в виде кристаллического вещества в количестве 4 мг из 40 кг собранной пчёлами пыльцы рапса (Brassica napus). Индуцирует процессы созревания и старения, а также защитные реакции в условиях стресса. Действие этилена на растения впервые описано русским ученым Д. Н. Нелюбовым в 1901.

2. Место, время, объекты и методики исследования

Работа проводилась в школьной лаборатории, теплице ДКУ ДО «Детский экологический центр» и (частично) в домашних условиях в 2025-2026 гг.

Объектами исследования явились растительные организмы: Crassula lycopodioides (стеблевые черенки), Tradescantia sp. (стеблевые черенки), Solanum tuberosum (клубни).

Материалы и оборудование.

- химически чистые гормоны растений: индолилуксусная кислота (ИУК), гиббереллловая кислота (ГК-3), 6-бензиламинопурин (6-БАП);
- посуда, поддоны, цифровой фотоаппарат, линейка, химические весы, лабораторная посуда.

Для проведения исследований растительные объекты помещались в растворы фитогормонов соответствующих концентраций на 6 часов, после чего помещались на подоконнике при температуре около 18 ^{o}C.

Приготовление растворов осуществлялось предварительно в химической лаборатории, навеску вещества (100 мг) растворяли в 1-2 мл растворителя (для ГК-3 – 95%-ный этанол; для 6-БАП – 10%-ный водный NaOH; для гетероауксина – вода), затем доводили объем до 10 мл дистиллированной водой. При такой методике приготовления рабочего раствора концентрация вещества составляет 10 мг/мл (т.е. 10 г/л = 1%). В дальнейшем раствор для обработки растений готовится разбавлением раствора в соответствующее число раз.

Клубни картофеля проращивались при комнатной температуре на свету. Черенки Толстянки выдерживались в растворах фитогормона соответствующих концентраций в течение 3 часов при погружении нижней части на 1/3 - 1/4 длины черенка.

Далее проводилось ежедневное наблюдение и учет числа апексов и корневых зачатков, их размеры. Данные фиксировались в дневнике наблюдений. Фотосъемка проводилась еженедельно.

3. Результаты исследования

К сожалению, по пока невыясненным причинам опыты по изучению влияния фитогормонов на модельных объектах, а именно на стеблевые черенки и Tradescantia sp., не удались в связи с высоким % гибели растений. Предположительно, данные объекты являются высокочувствительными к использованными нами фитогормонам и для опыта требуются более низкие концентрации.

А вот опыты на клубнях картофеля и Crassula lycopodioides удались.

3.1. Изучение влияния фитогормонов на черенки Толстянки плауновидной

На первом этапе работы был проведен опыт по изучению воздействия фитогормонов на Толстянку плауновидную (Crassula lycopodioides), как модельный объект. Его целью было проверка качества полученных фитогормонов и приготовленных растворов и визуальное наблюдение за

воздействием различных концентраций гормона 6-БАП на растительные организмы.

Опыт начат 02.11.2025 г.

Вначале мы срезали черенки изучаемого (модельного) объекта (Т.плауновидная была выбрана в связи с доступностью) в количестве 119 штук.

Перед посадкой все растения выдерживались в течение 3 часов, в растворах с фитогормонами в разной концентрации, а именно: 1/100, 1/30, 1/20, 1/10.

Растения посадила в ящик с песком. Каждая группа посажена на расстоянии в 4 см друг от друга.

Таблица 1

Результаты воздействия фитогормона 6-БАП на модельный обект (черенки Толстянки плауновидной)

время наблюдения (дни)	Показатель	I (конц. р-ра 1/100)	II (конц. р-ра 1/30)	III (конц. р-ра 1/20)	IV (конц. р-ра 1/10)
0	Кол-во черенков / %	32 / 100	29 / 100	33 / 100	25 / 100
	Кол-во апексов / %	67 / 100	61 / 100	94 / 100	60 / 100
	Ср.число апексов на черенке	2,1	2,1	2,8	2,4
7	Кол-во черенков / %	31 / 96,8	28 / 96,6	30 / 90,9	18 / 72
	Кол-во апексов / %	71 / 106	65 / 107	99 / 105	64 / 107
	Ср.число апексов на черенке	2,2	2,3	3,3	3,5
14	Кол-во черенков / %	29 / 90,6	27 / 93,1	26 / 78,8	14 / 56
	Кол-во апексов / %	77 / 115	73 / 120	108 / 115	72 / 120
	Ср.число апексов на черенке	2,6	2,7	4,1	5,1
итого:	Образовано апексов	10	12	14	12
	$K_{разм.}$	2,41	2,52	3,27	2,88

Показатель «Коэффициент размножения» ($К_{разм.}$) представляет собой отношения общего числа апексов на всех черенках в конце эксперимента к начальному числу черенков, т.е. он отражает и активность пазушных меристем, и приживаемость черенков.

Из этого можно сделать вывод, что самым эффективным для данных растений является раствор III (1/20), раствор большей концентрации тормозит образование апексов и оказывает фитотоксичное действие, что проявляется в меньшем % приживаемости опытных черенков.

3.2. Изучение влияния фитогормонов на черенки Картофеля (Solanum tuberosum)

Опыт с изучением влияния фитогормонов на клубни картофеля. Его результаты приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Влияние фитогормонов на развитие периферических меристем клубня Solanum tuberosum

№№ п/п	число развивающихся периферических меристем / %	контроль	ИУК	ГК-3	6-БАП	смесь ГК-3 и 6-БАП
1	корневых	16,5 ± 2,32 / 100,0	22,5 ± 3,14 / 136,4	9,9 ± 1,27 / 60,0	21,5 ± 2,33 / 130,0	17,5 ± 3,58 / 106,1
2	стеблевых	5,5 ± 0,42 / 100,0	5,2 ± 1,66 / 94,5	17,0 ± 3,29 / 309,1	16,5 ± 2,89 / 300,0	19,1 ± 1,52 / 347,3

Таблица 3

Влияние фитогормонов на скорость роста побегов Solanum tuberosum

№№ п/п	продолжительность опыта (дни)	Ср. длина побега (мм)				
		контроль	ИУК	ГК-3	6-БАП	смесь ГК-3 и 6-БАП
1	0	1,5 ± 0,62	1,0 ± 0,55	2,2 ± 0,66	1,4 ± 0,20	2,0 ± 0,45
2	7	7,2 ± 1,44	4,5 ± 1,33	39,7 ± 5,25	11,9 ± 2,33	37,3 ± 6,21
3	14	10,1 ± 2,73	7,9 ± 2,15	73,7 ± 12,66	15,5 ± 2,89	60,4 ± 9,34
4	21	14,0 ± 4,51	11,3 ± 4,70	92,8 ± 18,02	22,0 ± 16,71	85,9 ± 17,54
% от начального		933,3	1130,0	4218,2	1571,4	4295,0
опыт / контроль			1,21	4,52	1,68	4,60

Как мы видим из приведенных данных, используемые нами фитогормоны по-разному повлияли на растения: ауксины отлично повлияли на развитие корней, но затормозили развитие побегов, показав самый низкий результат. Цитокинины так же показали хороший результат в развитии корневых

меристем и не плохой результат в развитии побегов. Гиббереллиновая кислота показала самый низкий результат в развитии корневых меристем, но самый высокий в развитии побегов. А вот смесь Цитокининов и Гиббереллиновой кислоты показала хороший результат, как в развитие корневых меристем, так и в развитии побегов (приложения, фотоальбом).

Выводы и перспективы дальнейшего исследования

Я собираюсь дальше продолжать наблюдать за поведением различных видов растений под влиянием фитогормонов. В дальнейшем, я постараюсь ответить на вопросы, возникшие при исследовании данной работы.

Опыты с картофелем могут представлять практический интерес, т.к., во-первых, клубни формируются на столонах и увеличение их числа может напрямую увеличить урожайность; во-вторых, ГК могут способствовать скорейшему удлинению побегов и более раннему созреванию клубней. Также могут измениться содержание различных полезных веществ в клубнях, их лежкость, иные показатели.

Очень большой интерес представляет использование фитогормонов в декоративном цветоводстве, как с целью увеличения Коэффициента размножения, так и с целью изменения морфологии растения и повышения его декоративности.

Работа будет продолжена с рядом объектов.

Библиографический список

1. Агафонов Н. В.. Фаустов В. В. Применение регуляторов роста в плодоводстве.- М.: Колос, 1972.-24 с.
2. Галактионов С.Г. Биологически активные. Издательство «Молодая гвардия», серия «Эврика», 1988.
3. Горбов А. И., Этилен // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: В 86 томах (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907
4. Калинин Ф. Л. Биологически активные вещества в растениеводстве.- К.: Наук, думка, 1984.- 320 с.
5. Кефели В. И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны.— М.: Наука, 1974.— 253 с.
6. Максимов Н. А., Турецкая Р. Х. Краткие методические указания по применению гетероауксина и других синтетических ростовых веществ для укоренения черенков.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947.—6 с.
7. Никелл Л. Дж. Регуляторы роста растений. Применение в сельском хозяйстве.— М.: Колос, 1984.— 192 с.
8. Полевой В.В. Фитогормоны: учеб. пособие. - Л.: изд-во Ленингр.ун-та, 1982, 248 с., илл.
9. Смирнова З.И. Применение регуляторов роста для ранней выгонки тюльпанов // Интродукция и приёмы культуры цветочно-декоративных растений. — М.: Наука, 1997. — 168 с.
10. Чайлахян М. Х. Роль регуляторов роста в жизни растений и в практике сельского хозяйства // Изв. АН СССР. Сер. биол.— 1982.—№ 1.— С. 5—25.
11. Чернавина И.А., Потапов Н.Г и др. Большой практикум по физиологии растений. - М.: Высшая школа, 1978. - 408 с, ил.
12. Чуб В.В. Глава 7 "Рост и развитие растений" учебника кафедры физиологии растений МГУ им. Ломоносова
13. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков и др.; под ред. Третьякова. - М.: Колос, 2000.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Формулы

Рисунок 1

Этилен

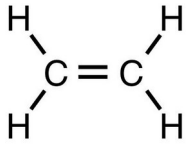


Рисунок 2

Ауксины

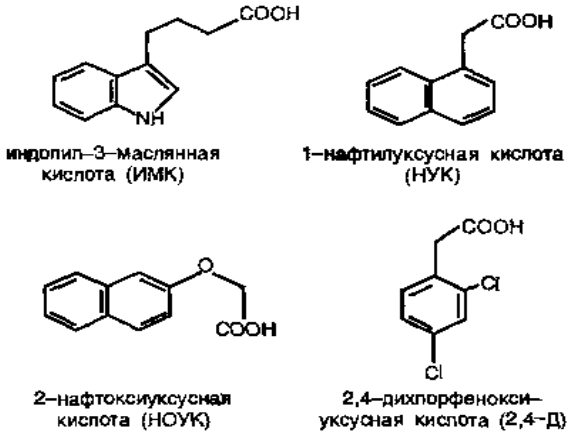


Рисунок 3

Цитокинины

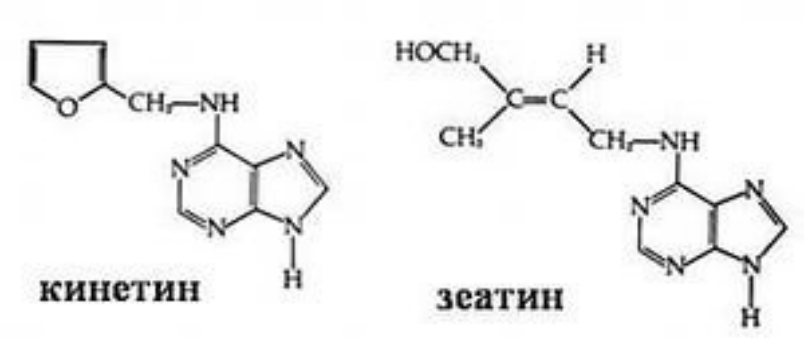


Рисунок 4

Абсцизовая кислота (АБК)

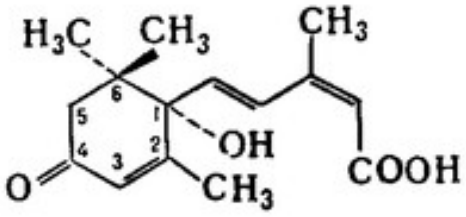
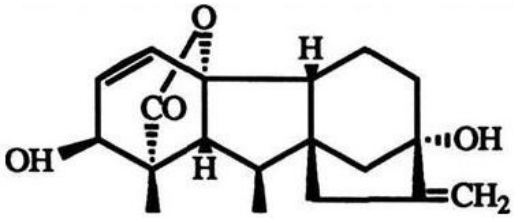


Рисунок 5

ГК-3



Фотоальбом

Рисунок 1

Контроль



Рисунок 2

Клубни картофеля под влиянием Ауксинов



Рисунок 3

Клубни картофеля под влиянием Гибберелловой кислоты



Рисунок 4

Клубни картофеля под влиянием Цитокининов



Рисунок 5

Клубни картофеля под влиянием Гиббереллиновой кислоты в смеси с Цитокининами



Рисунок 6

Опыты по изучению влиянию фитогормонов на Crassula lycopodioides

