
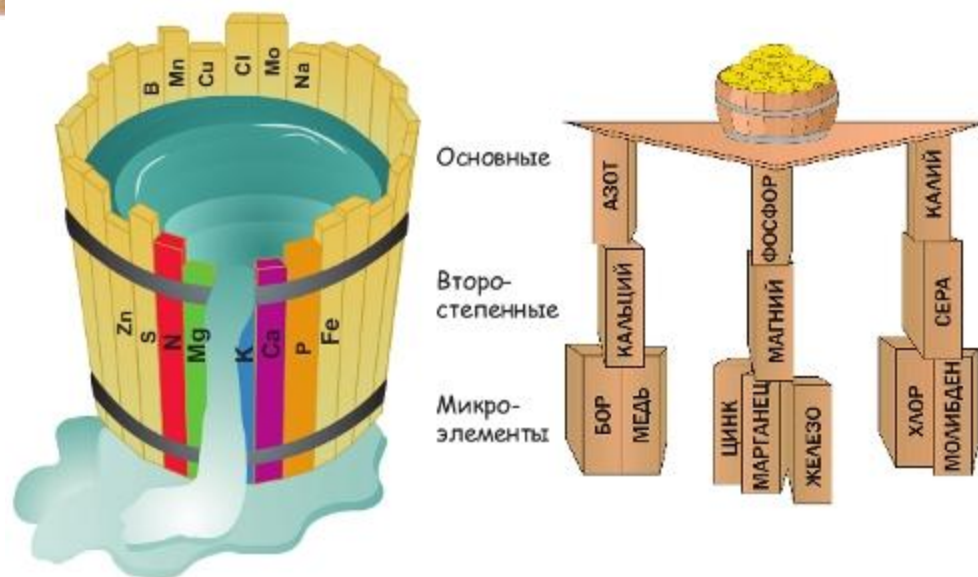


**Роль регуляторов роста растений в современных агротехнологиях.
Специфика и механизмы действия на растение**



Зав сектором агромониторинга
ФГБНУ АФИ, доктор с.-х. наук.
Комаров А.А



Закон минимума Либиха гласит: Полноценное развитие растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве.

Максимальная (*доходность*) прибыль зависит от наличия всех элементов питания для каждой культуры.

“Высокая урожайность”



Потенциальная продуктивность растений





Основные элементы управления в системе точного растениеводства

Выбор оптимальных сроков воздействия на растения (в критические фазы онтогенеза)

Выбор точных средств управления.
Использование физиологических регуляторов направленного действия

Защита средств управления от воздействия окружающей среды.

Способ закрепления питательных веществ и биопрепаратов на листовой пластинке растений с помощью полимерных соединений



Фитогормоны

1

Синтезируются в активно делящихся клетках меристемы растения (верхушка побега, кончик корня, молодые листья, семена), транспортируются в другие органы и ткани. Активная концентрация – 10^{-5} - 10^{-11} моль/литр. Участвуют в регуляции белкового синтеза, в активировании ферментов, в транспорте веществ через биологические мембраны.

К растительным гормонам относятся ауксины, гиббереллины, цитокнины, абсцизовая кислота и этилен. Общие для всех растений.

Зеленение листьев

цитокнины



абсцизовая кислота



Рост стебля

гиббереллины



абсцизовая кислота



Опадение листьев, созревание плодов



этилен



ауксины

Рост и развитие корней



ауксины



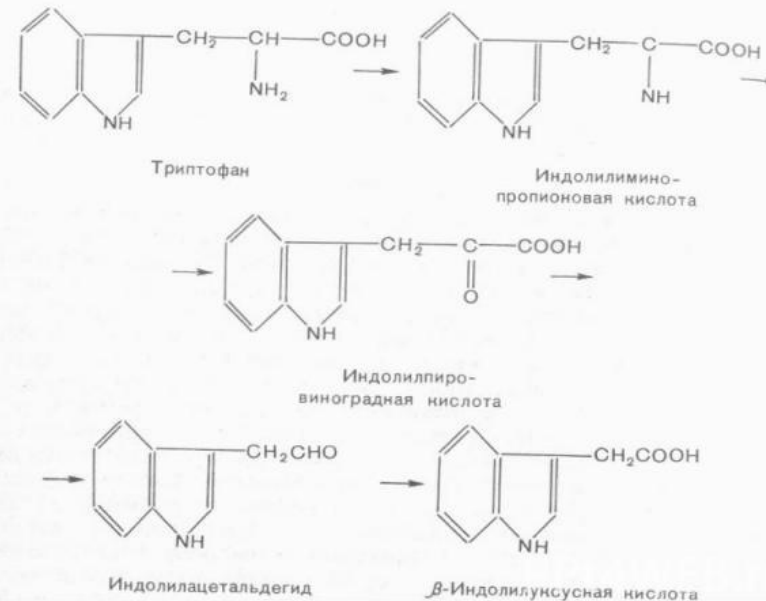
абсцизовая кислота

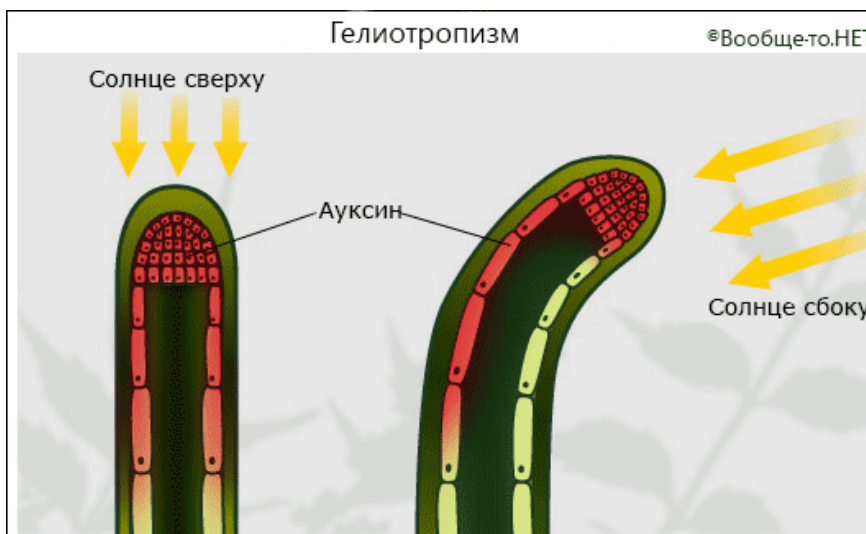
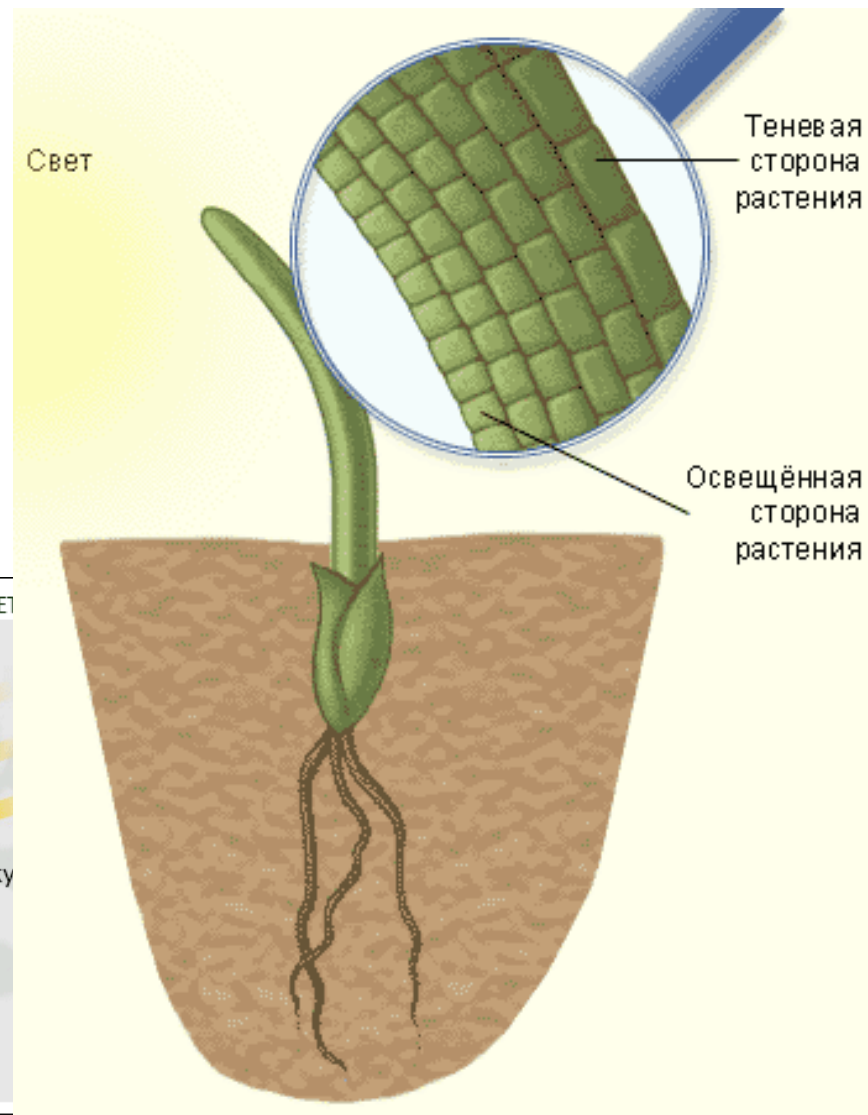
Ауксины.

- Основным гормоном типа ауксина является β -индолилуксусная кислота (ИУК).
- Наиболее богаты ауксинами растущие части растительного организма: верхушки стебля, молодые растущие части листьев, почки, завязи, развивающиеся семена, а также пыльца.
- Образование ауксинов происходит в меристематических клетках.
- Основным источником для образования β -индолилуксусной кислоты (ИУК) является аминокислота триптофан.

Физиологические проявления действия ауксинов.

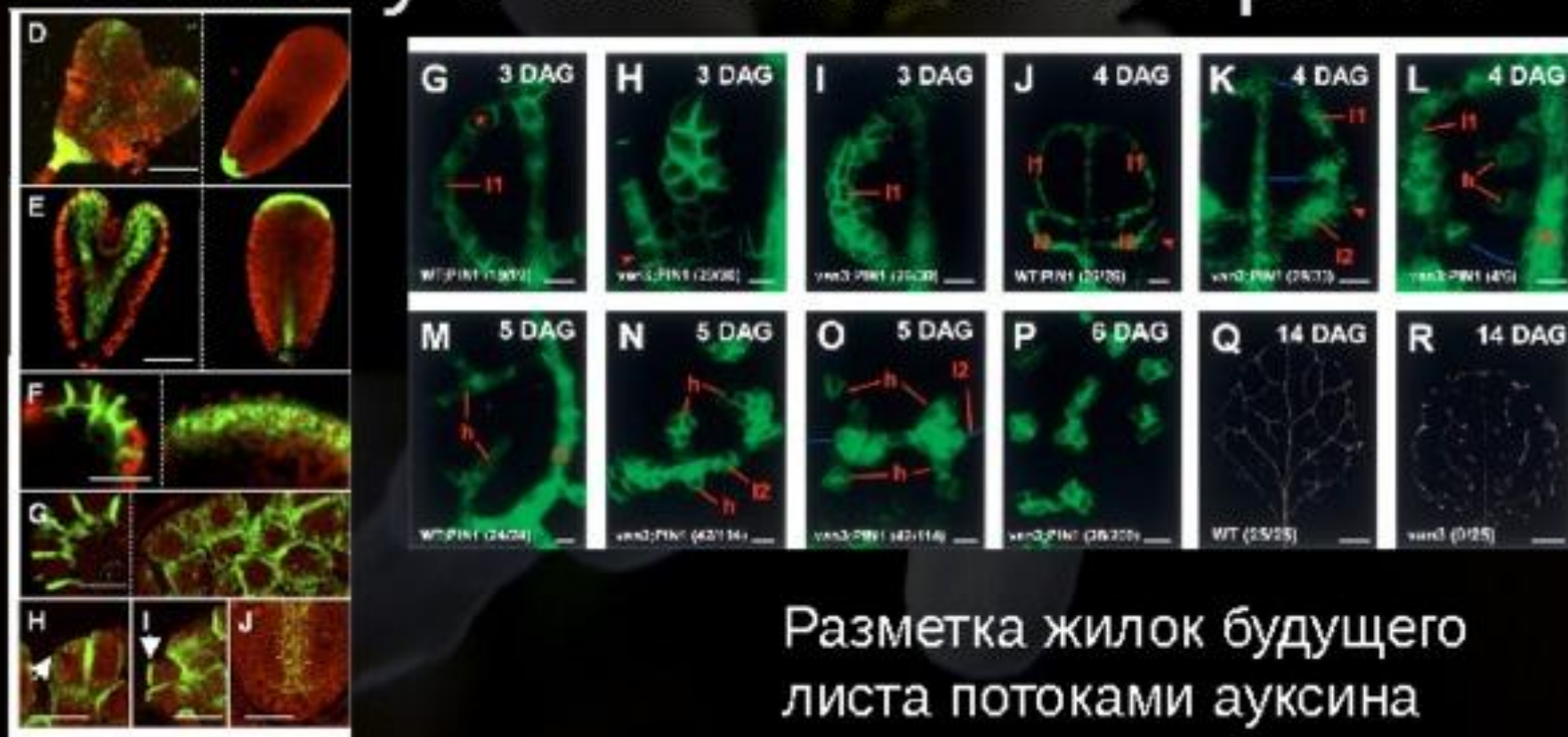
- Ауксины влияют на рост клеток в фазу растяжения;
- Ауксины вызывают изменение направления дифференциации клеток;
- Ауксины вызывают дифференциацию ксилемы, индуцируют корнеобразование;
- Ауксины влияют на разрастание завязи и плодобразование;
- Ауксины являются регуляторами притока воды и питательных веществ.





Ауксин заставляет клетки расширяться. Когда Солнце светит сверху, ауксин равномерно распределяется по стеблю. Когда же Солнце светит сбоку, он собирается на теневой стороне, вызывая неравномерный рост стебля, и наклоняя тем самым цветок к свету.

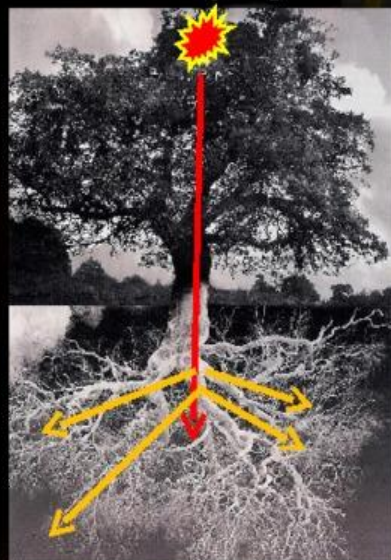
Ауксин «рисует» облик растения – размечает проводящую систему и зоны активного роста



Разметка жилок будущего
листа потоками ауксина

Потоки ауксина в зародыше маркируют корневую,
побеговый полюса и проводящую систему

Ауксин – сигнал благополучия от верхушки побега



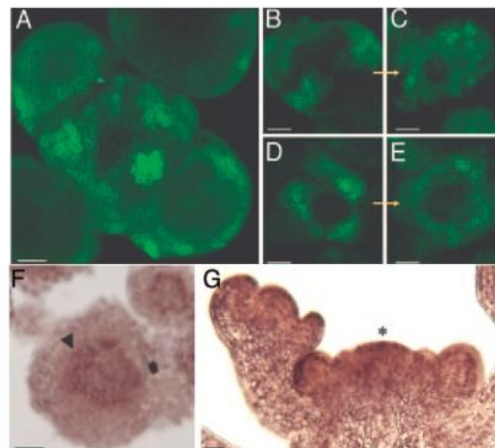
Ауксин
Рост верхушки

Ветвление главного корня

Распределения ауксина в ткани растения

- Ауксин неравномерно распределен в тканях растения
- Эффекты действия ауксина дозо-зависимые
- Ауксин регулирует скорость своего синтеза и транспорта

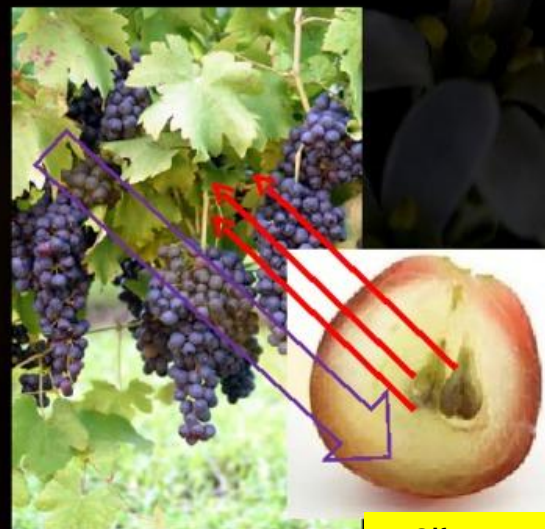
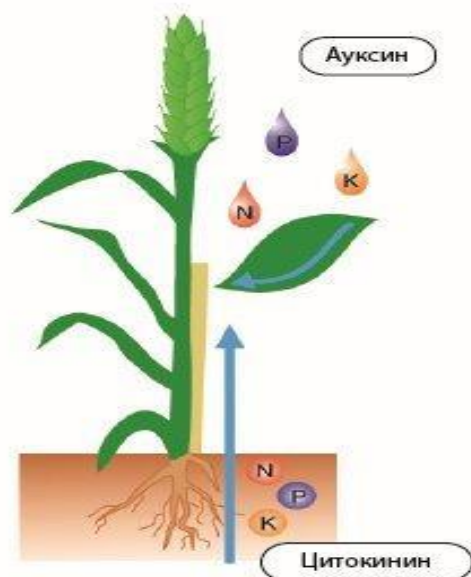
Ауксин-морфоген



• **Морфоген** – это вещество, определяющее паттерн развития ткани, а именно, взаимного расположения клеток разных типов в ткани. **Морфоген** распределяется в ткани от источника, формирует градиенты и максимумы концентрации. **Морфоген** по-разному действует на функции клетки в зависимости от концентрации.

В побеговой меристеме (de Reuille et al., 2006)

Ауксин привлекает питательные вещества



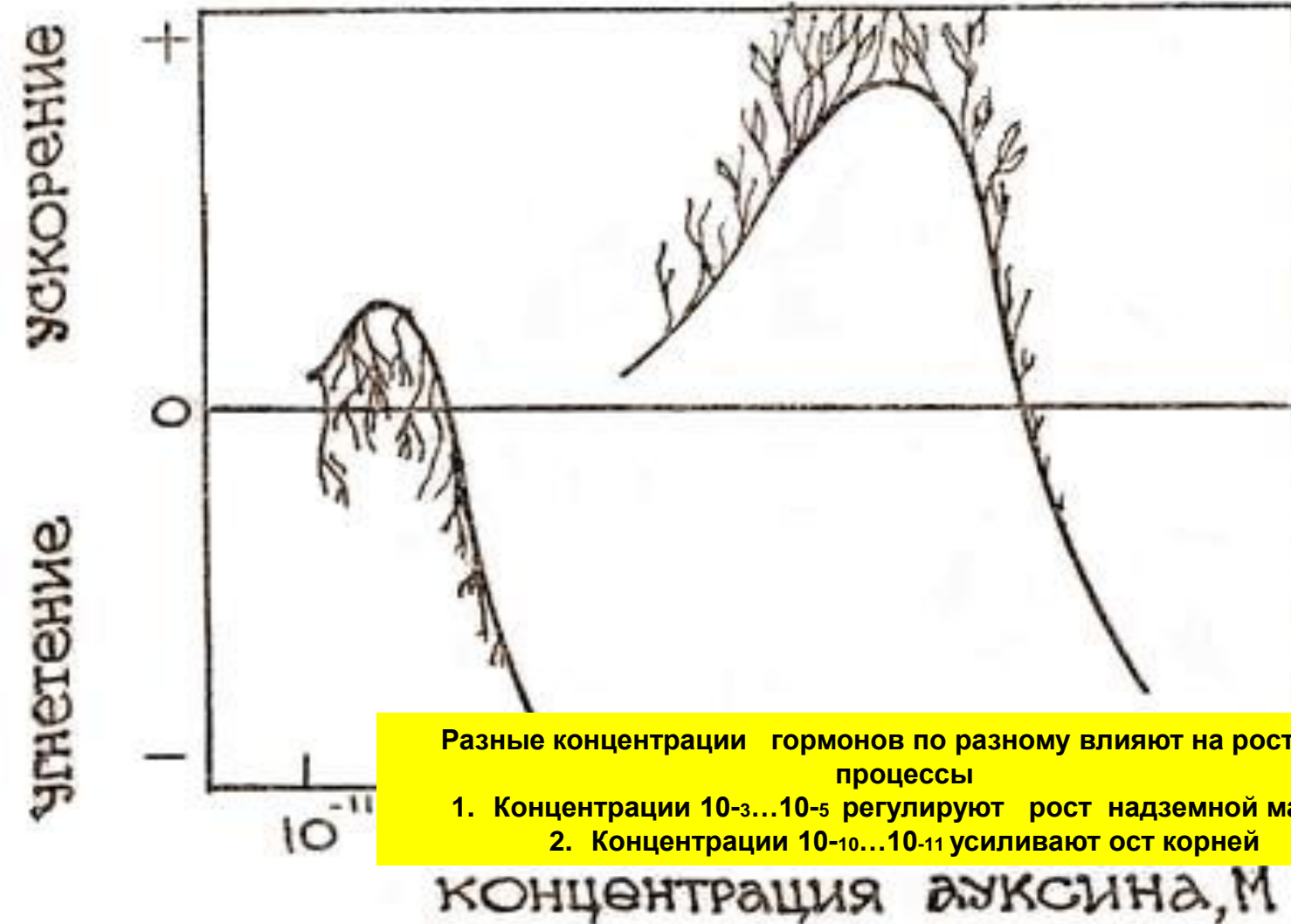
Обработка ауксином дает бессемянные плоды

ПОЯСНЕНИЕ

Механизма действия гормональной регуляции роста и развития растений



Специфика действия разных концентраций гормонов на растения



Разные концентрации гормонов по-разному влияют на ростовые процессы

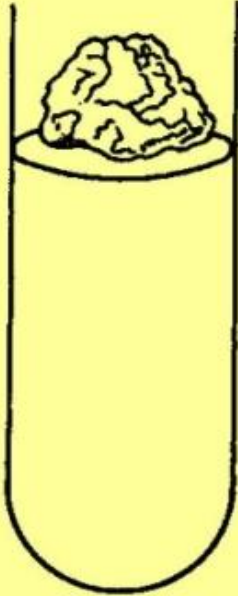
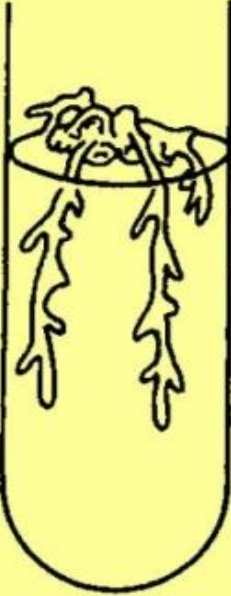
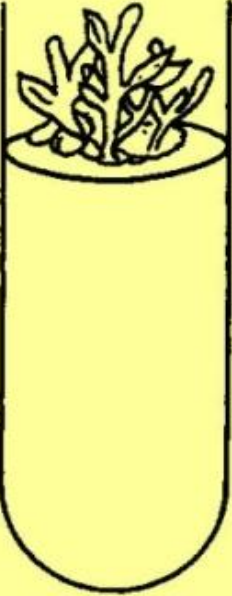
1. Концентрации 10^{-3} ... 10^{-5} регулируют рост надземной массы
2. Концентрации 10^{-10} ... 10^{-11} усиливают рост корней

Соотношение ауксин/цитокинин

15/1

150/1

3/100

<i>ИУК</i>	3×10^{-6}	3×10^{-6}	3×10^{-8}
<i>Кинетин</i>	2×10^{-7}	2×10^{-8}	1×10^{-6}
<i>Регенерация</i>			

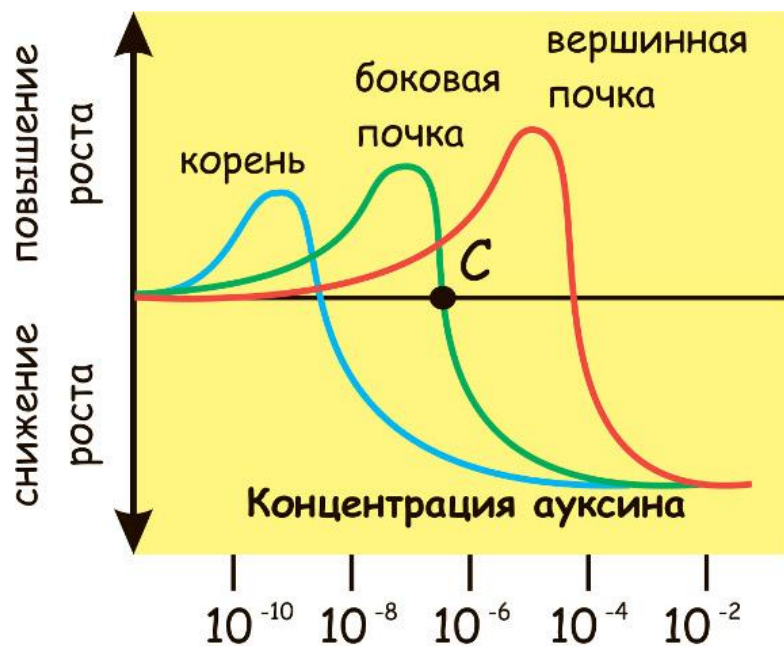
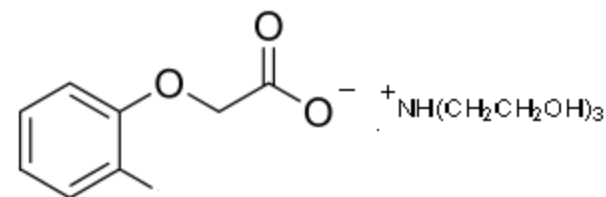
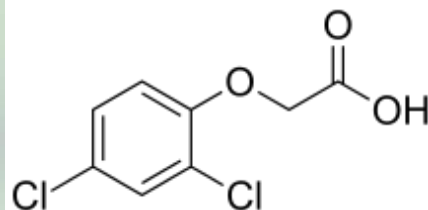
Зависимость регенерации культуры ткани сердцевины табака от соотношения фитогормонов

- В качестве ауксинов для получения и поддержания культур тканей чаще всего используются ИУК в концентрации 1–30 мг/л, НУК в концентрации 0,1–2 мг/л, 2,4-Д в концентрациях менее 1 мг/л.
- В качестве источников цитокининов в искусственных питательных средах используют кинетин, БАП, зеатин. БАП и зеатин проявляют более высокую активность в поддержании роста изолированных тканей и индукции органогенеза по сравнению с кинетином.
- Оптимум концентраций ауксинов и цитокининов, необходимых для роста культур клеток и тканей, у разных видов растений сильно варьирует. В каждом конкретном случае оптимальное их соотношение определяется экспериментальным путем.
- Из гиббереллинов в составе культуральных сред используют гибберелловую кислоту.
- Абсцизовую кислоту применяют при культивировании протопластов.

Крезацин

2,4-Д

Трис(2-оксиэтил)аммоний орто-крезоксиацетат



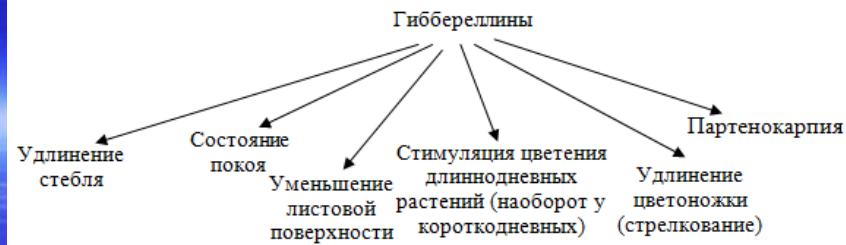
Отсутствие цветоносов и рост столонов - при высокой концентрации ауксинов в точках роста

Гиббериллины.

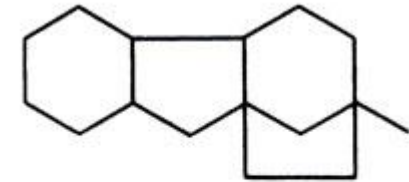
- Наиболее распространенный гиббереллин – гибберелловая кислота (ГК).
- Основное место образования гиббереллинов – листья.
- Гиббереллины существуют в 2 формах: свободной и связанной.
- Образование гиббереллинов идет путем превращения мевалоновой кислоты в геранил-гераниол и далее через каурен в гибберелловую кислоту.

Физиологические проявления действия гиббереллинов.

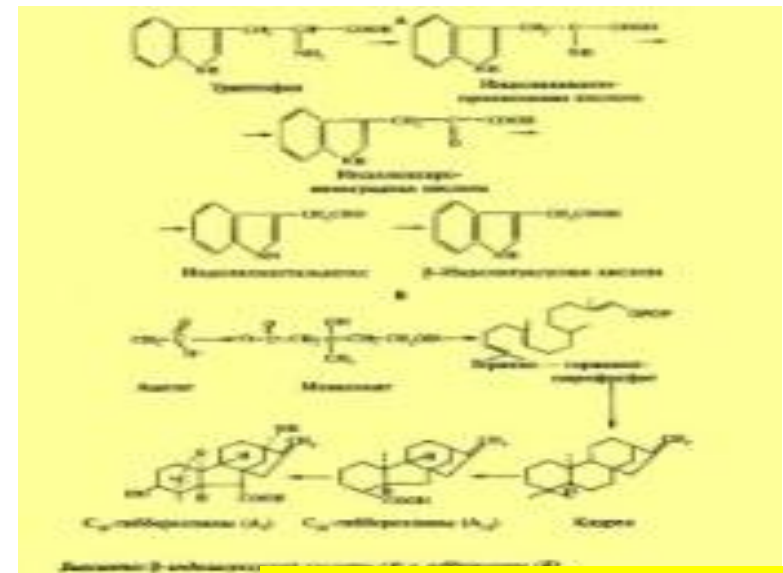
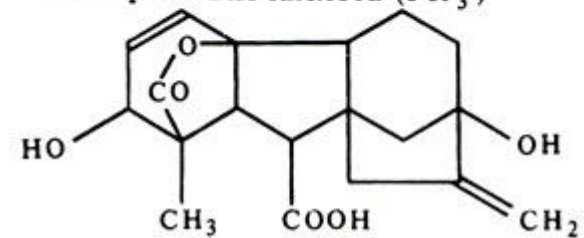
- Гиббереллины обладают способностью резко усиливать рост стебля у карликовых форм различных растений.
- Гиббереллины усиливают вытягивание стебля у многих нормальных растений.
- Гиббереллины как и ауксины являются гормонами роста.
- Гиббереллины участвуют в разрастании завязи и образования плодов.
- Гиббереллины усиливают процесс фотосинтетического фосфорилирования, в первую очередь нециклического.

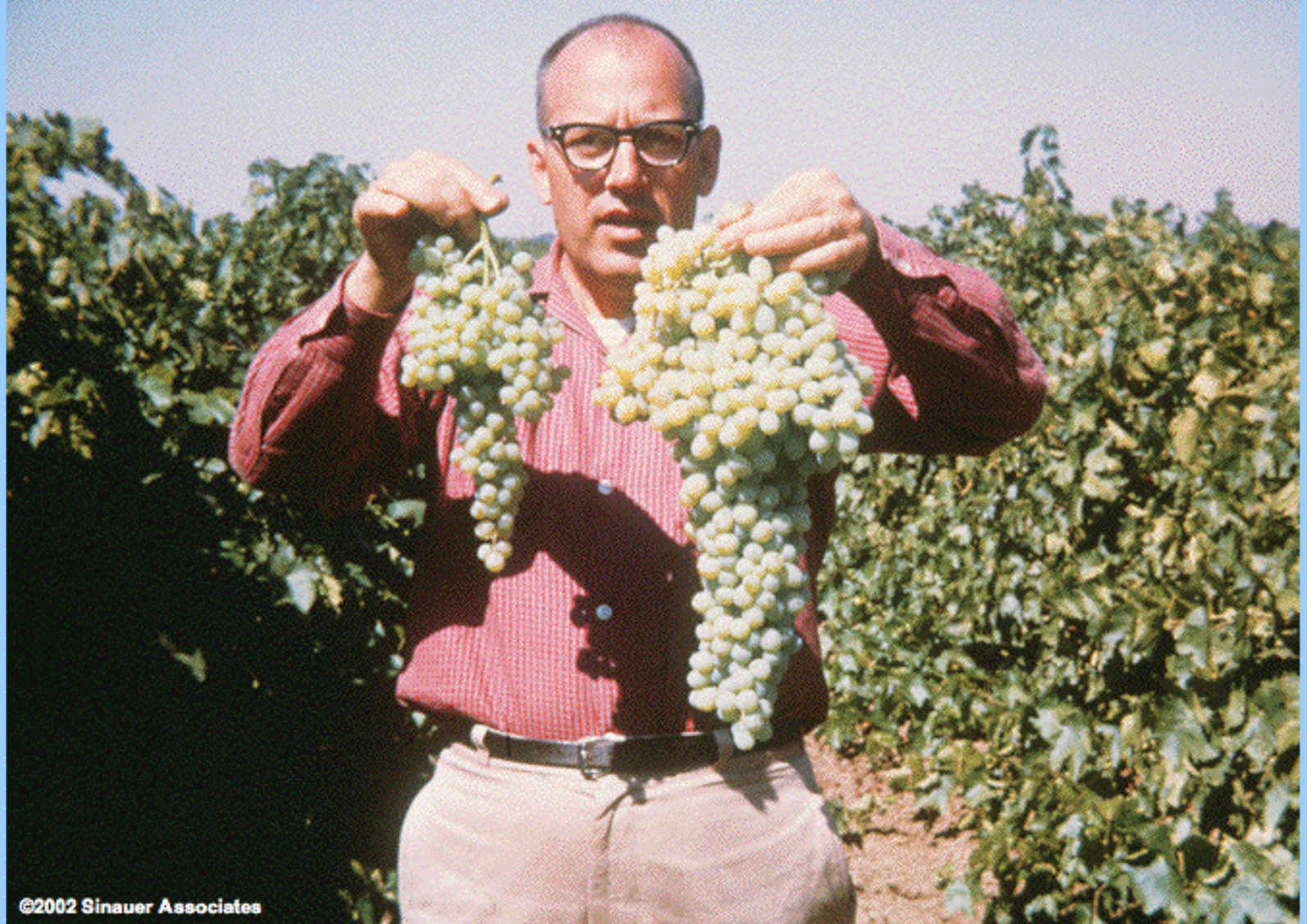


Гиббановый скелет



Гибберелловая кислота (ГК₃)

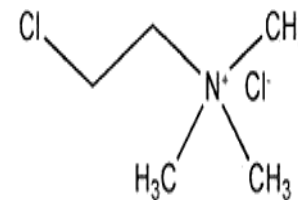




Влияние ГК на урожайность и качество винограда

Ингибиторы синтеза

Хлормекватхлорид(Це-Це-Це)



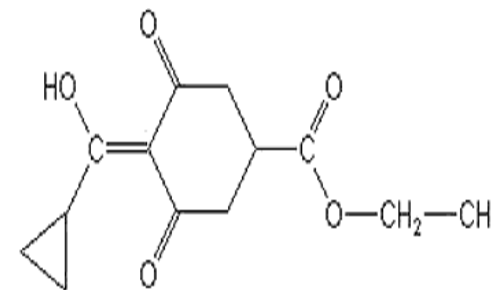
Стимулирует рост стебля и придаёт ему жесткости, препятствуя полеганию зерновых. Препятствует проникновению возбудителей болезней;- Увеличивает урожай зерна;- Ускоряет процесс урожая и снижает связанные с этим затраты.

- можно использовать в баковых смесях с:фунгицидами - РЕКС ДУО, АБАКУС, ФЛЕКСИТИ;инсектицидами- ФАСТАК, БИ-58 новый;гербицидами - ДИАНАТ, БАЗАГРАН и др.
- В комбинации с гербицидом ростового типа необходимо уменьшать норму расхода гербицида на 10-15%

Тринексапак-этил (Модус)

(цимектакарб-этил, метро, моддус, прима, сонис// оптимум (рН 6-7, 25°C). Менее стабилен в щелочной среде.

- Механизм действия — ингибирование активности ключевых ферментов в биосинтезе (**тринексапак-этил, 250 г/л**)
- Высокоэффективный регулятор роста растений для предотвращения полегания зс



- Действующее вещество:
- тринексапак-этил, 250 г/л
- 4-циклопропил(гидрокси)метил-3,5-диоксоциклогексанкарбоновая кислота, этиловый эфир (IUPAC)
- СНО
- Преимущества:снижение риска полегания за счет укрепления стебля, сокращения длины междоузлий, увеличения диаметра стебля и объема корневой системы;повышение зимостойкости за счет повышения содержания сахаров в осенний период;широкое технологическое окно применения (по фазам развития культуры и температурным режимам).
- Высокоэффективный регулятор роста растений для предотвращения полегания зерновых культур
Совместимость с другими пестицидами: препарат можно использовать в баковых смесях с гербицидами ([ЛОГРАН](#), [ВДГ](#)), фунгицидами (ТИЛТ, КЭ, [АЛЬТО СУПЕР](#), [КЭ](#), [БРАВО](#), [КС](#)), инсектицидами ([КАРАТЭ ЗЕОН](#), [МКС](#), [АКТАРА](#), [ВДГ](#)) и другими регуляторами роста растений. Однако в каждом конкретном случае смешиваемые препараты следует проверять на совместимость и безопасность для обрабатываемой культуры. Не совместим с гербицидом [ГРАСП](#), [СК](#)

Цитокинины.

- Цитокинины образуются главным образом и передвигаются в надземные органы по ксилеме. Цитокинины во многом определяют физиологическое влияние корневой системы на обмен веществ надземных органов.
- Один из цитокининов, выделенный из кукурузы назван зеатином.

Физиологические проявления действия цитокининов.

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

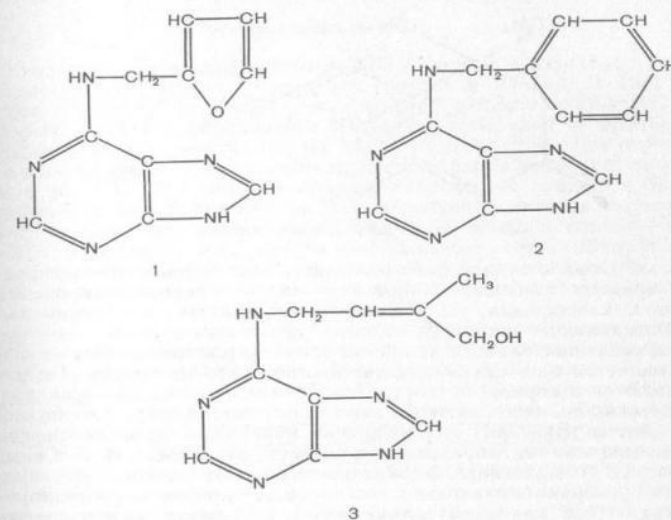
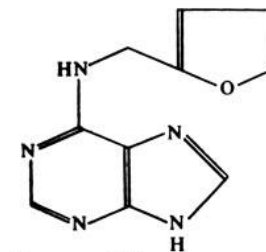
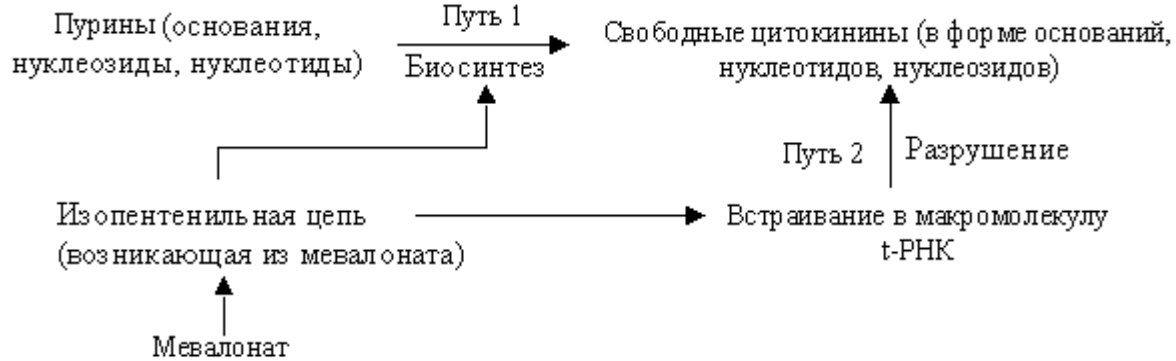
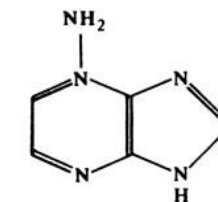


Рис. 79. Структура цитокининов:
1—6-фурилзаминопурин (кинетин); 2—6-бензилзаминопурин (6-БАП), 3— зеатин.



Кинетин (6-фурилладенин) – синтетический цитокинин



Аденин (близок к цитокининам)



Зеатин – природный цитокинин



Места нанесения цитокининовой пасты - 10.09.14



Места нанесения цитокининовой пасты - 26.10.14

Абсцизовая кислота.

- Основными органами синтеза абсцизовой кислоты являются листья.
- Накапливается преимущественно в хлоропластах.
- Абсцизовая кислота обнаружена в почках, сухих семенах и клубнях картофеля.
- Абсцизовую кислоту называют еще гормоном стресса.
- Содержание абсцизовой кислоты повышается в почках при переходе растений в состояние покоя и уменьшается с началом ростовых процессов.

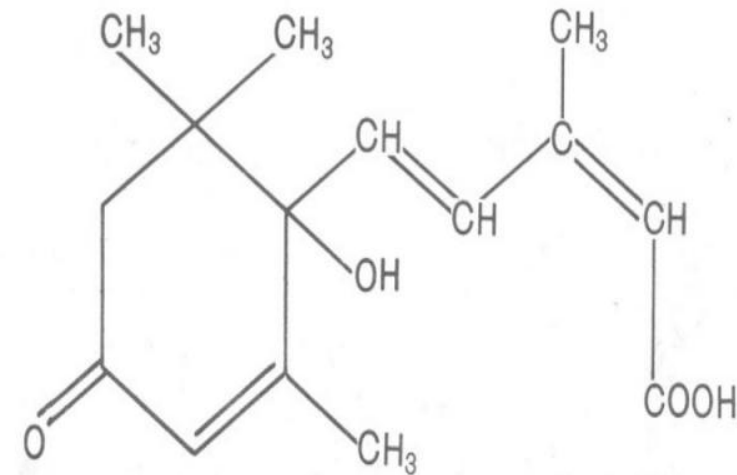
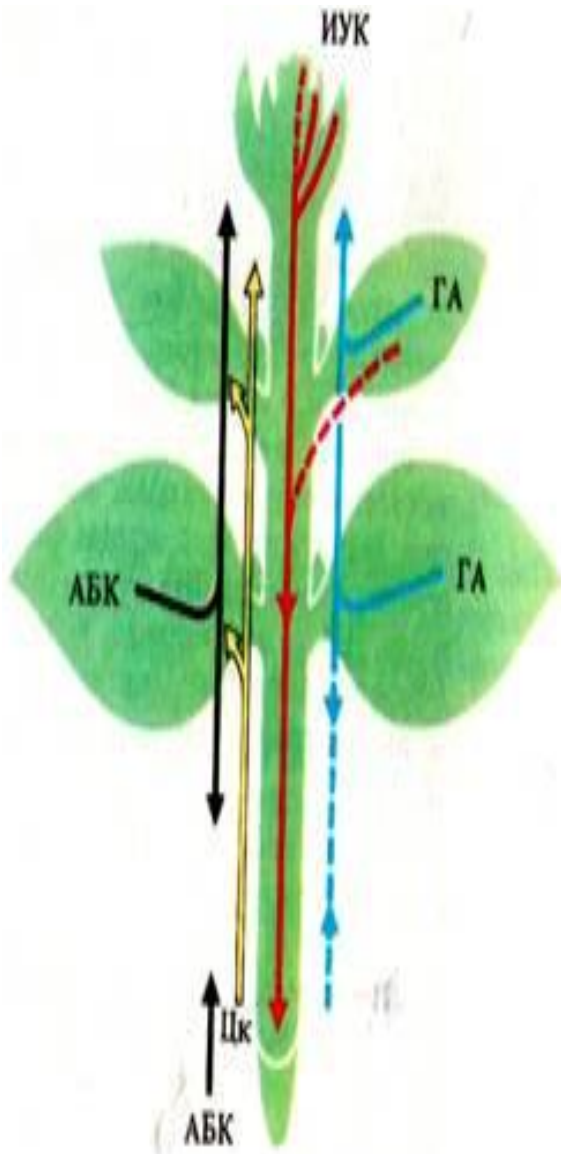


Рис. 80. Структура абсцизовой кислоты.

Физиологические проявления действия абсцизовой кислоты.

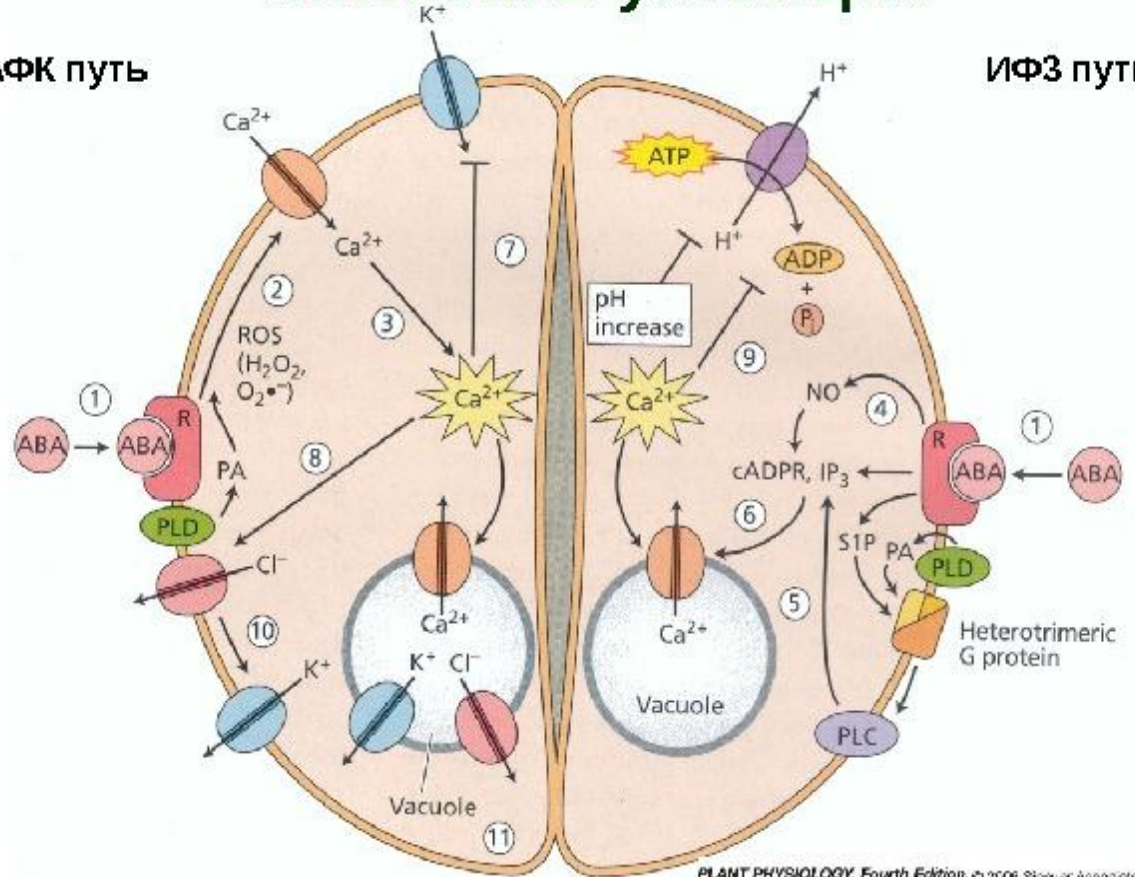
- Абсцизовая кислота тормозит процессы роста во всех его проявлениях.
- Абсцизовая кислота снижает фотосинтетическое фосфорилирование.
- Абсцизовая кислота вызывает аттрагирующее влияние в формировании плодов, способствует их созреванию, и обуславливает состояние листьев и плодов.
- При засухе абсцизовая кислота усиливает поглощение воды корневой системой, стимулирует пасокодвигание.

Упрощенная модель передачи АБК сигнала в устьицах



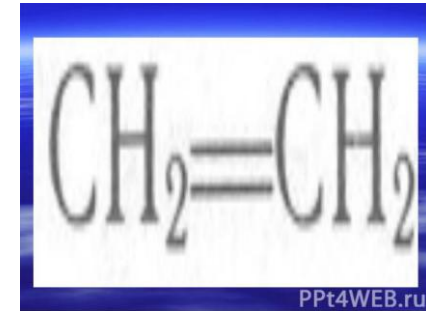
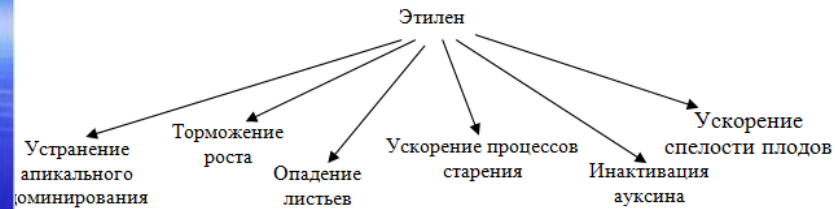
АФК путь

ИФЗ путь



Этилен.

- Оказывает тормозящее действие на процессы роста.
- Сочные плоды ряда растений (апельсины, бананы и др.) выделяют этилен.
- Стимулирует созревание плодов.
- Образуется в созревающих плодах, в проростках до того, как они выходят на поверхность почвы.



Физиологические проявления действия этилена.

- Этилен регулирует процесс созревания плодов.
- Этилен тормозит рост клеток в фазе растяжения, вызывает уменьшение роста стебля и корня в длину, сопровождаемое их утолщением.
- Этилен способствует образованию отдельного слоя и опадению листьев и плодов.
- Этилен ускоряет процесс старения, тормозит рост почек, накапливается в покоящихся



www.asprus.ru



ФИТОГОРМОНЫ- ароматический каркас

Ауксины

Под общим названием "ауксины" подразумевают индолил-3-уксусную кислоту (ИУК) и ее производные - ростовые гормоны, обнаруженные в растениях. У этой кислоты есть второе название - гетероауксин. Еще Ч.Дарвин предположил, что в растениях есть некое вещество, "на которое действует свет и которое передает его действие в нижнюю часть растения". Особенно много ауксинов содержат развивающиеся ткани наземной части растения - молодые листья, почки, формирующиеся семена.

Гиббереллины

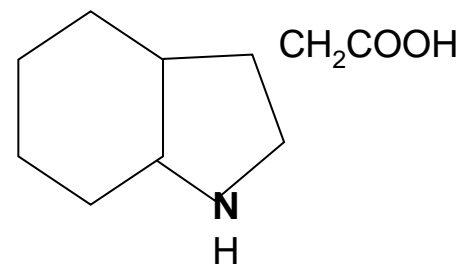
Гормоны растений из группы диперпеноидных кислот. Наиболее характерный физиологический эффект – ускорение роста органов (в большей степени стебля, в меньшей – корня) за счет как деления, так и растяжения клеток. Прерывают период покоя семян и клубней.

Цитокинины

Свое название эта группа фитогормонов получила от цитокинеза - так биологи называют процесс деления клеток. Наибольшая их концентрация наблюдается в областях активного деления клеток развивающихся семян и плодов растений. Чуть меньшая их концентрация в меристематических (ткань растений, сохраняющая способность к образованию новых клеток в течении всей жизни) зонах корней и камбие. С началом вегетации резко возрастает содержание цитокининов в органах растения. Основным местом синтеза считаются кончики корней. Значит, этот гормон поступает от корней вверх, к растущим зеленым частям растения.

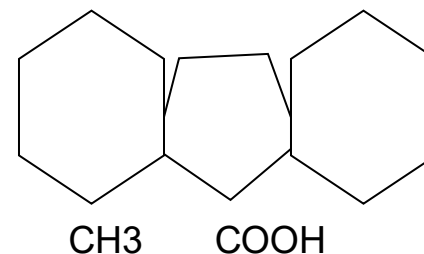
НОВЫЙ ПЕПСПЕКТИВНЫЙ ГУМУСОВЫЙ
ПРЕПАРАТ – «СТИМУЛАЙФ»
С цитокининовой активностью

АУКСИНЫ

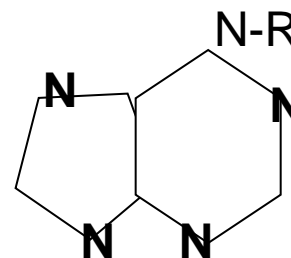


Индоллил-3-уксусная кислота

ГИББЕРЕЛЛИНЫ

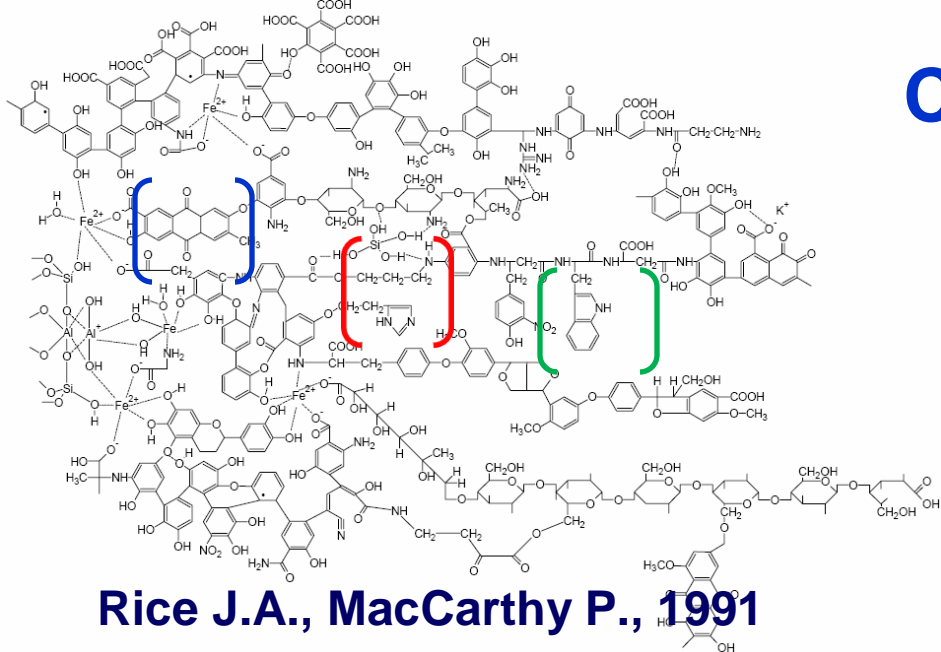


ЦИТОКИНИНЫ



Аденозин

Структурные фрагменты гуминовых кислот

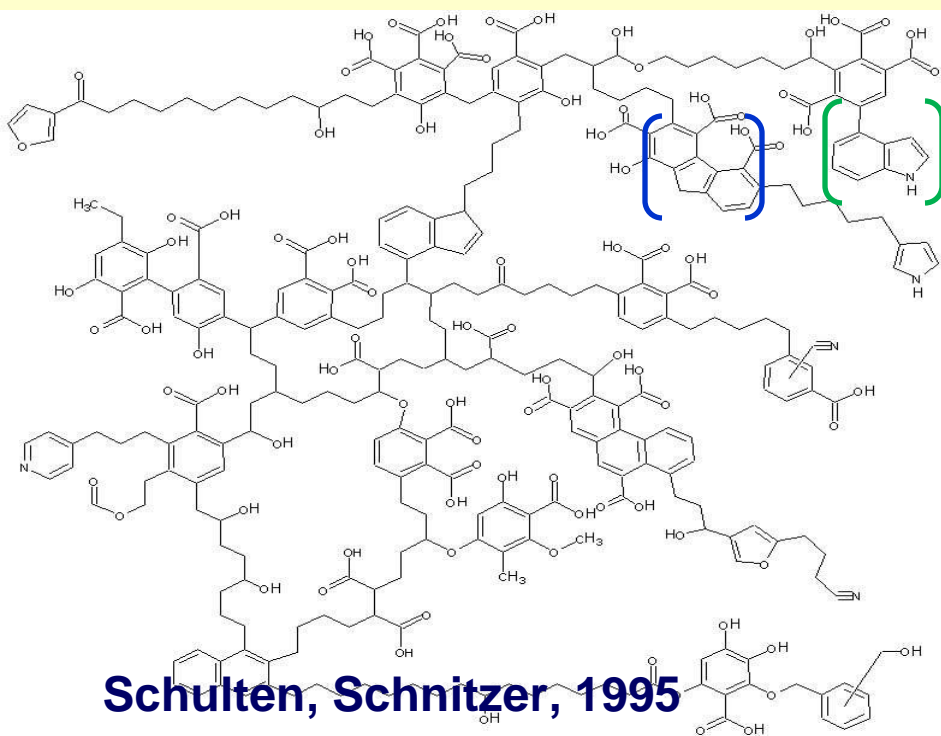


Rice J.A., MacCarthy P., 1991

Ауксиновый фрагмент

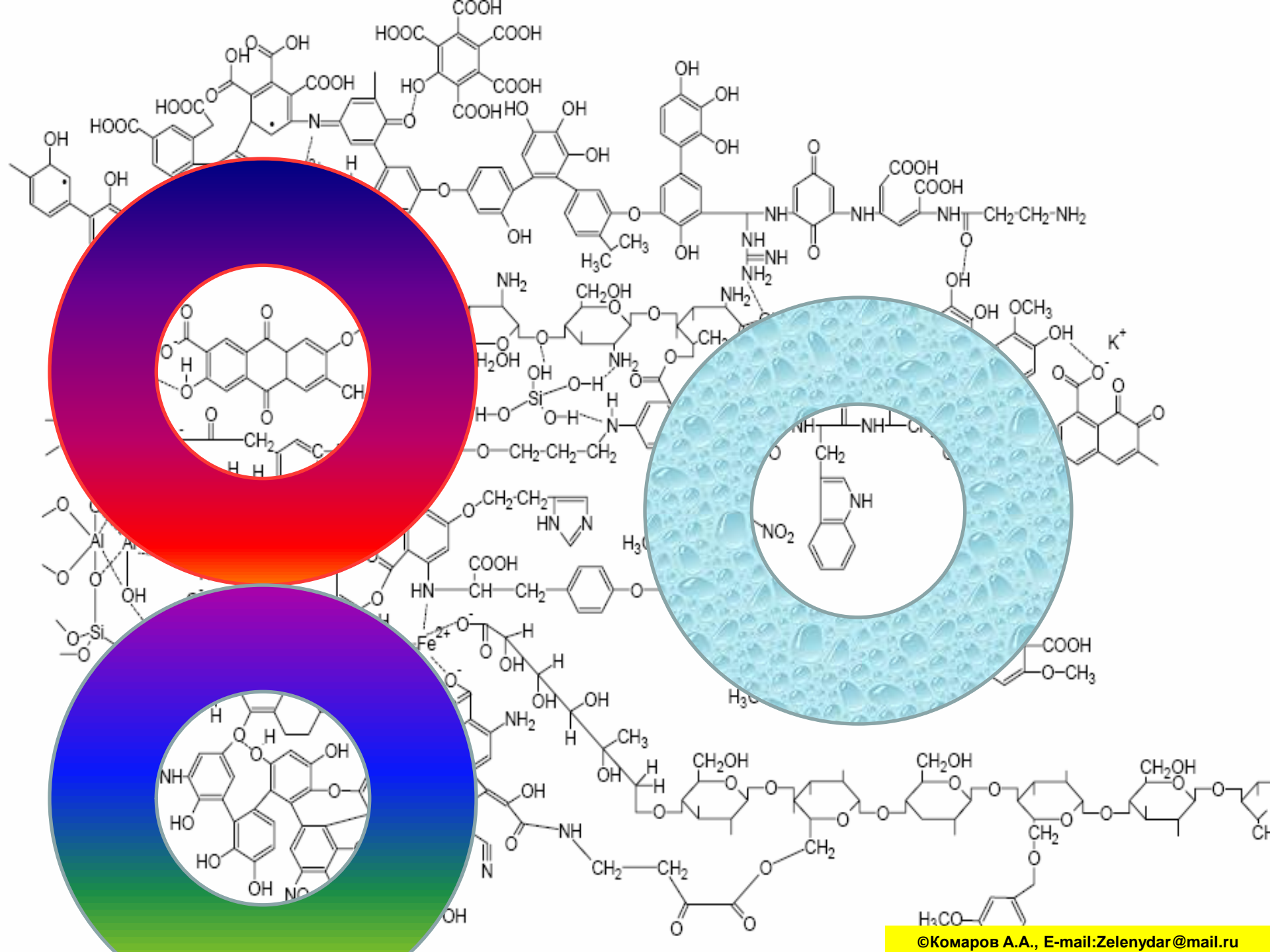
Гиббереллиновый фрагмент

Цитокининовый фрагмент



Schulten, Schnitzer, 1995

Материалы доклада: Милановский Е.Ю., Васильева Н.А., Завгородняя Ю.А., Демин В.В. «ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ – “АРОМАТИЧЕСКОЕ ЯДРО С АЛИФАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕФЕРИЕЙ” ?





СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

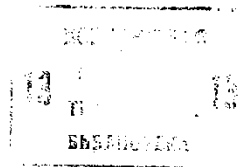
(19) **SU** (11) **1336966** **A1**



(51)4 A 01 C 1/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3957305/30-15

(22) 25.09.85

(46) 15.09.87. Вул. № 34

(71) Научно-производственное гидро-
лизное объединение и Ленинградский
сельскохозяйственный институт

(72) М.Н. Сибарова, А.А. Комаров,
М.Н. Раскин и В.Н. Ефимов

(53) 631.531.17.631.8(088.8)

(56) Комиссаров Д.А. и др. Аммоний-
ные соли лигнинных поликарбоновых кис-
лот - стимуляторы роста. - Лесное
хозяйство, № 5, 1965, с. 12-15.

(54) СПОСОБ СТИМУЛИРОВАНИЯ РОСТА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

(57) Изобретение относится к области
сельского хозяйства. Цель изобре-
тения - повышение урожая сельскохозя-
йственных культур. Семена намачивают
в растворе натриевых солей лигногу-
миновых кислот (НСЛК) концентрацией
 $10^{-5} - 10^{-1} \%$. Для концентрации НСЛК
 $10^{-5} \%$ прибавка урожая ячменя к конт-
ролю составляет 40,7%, а для концент-
рации $10^{-1} \%$ - 44,4%. В почву вносят
раствор НСЛК концентрации $10^{-2} - 10^{-3} \%$
по 500 мл раствора на 5 кг почвы. Наи-
больший прирост урожайности зерна яч-
меня наблюдается при использовании
НСЛК в концентрации $10^{-3} \%$ (22,2%).
10 табл.

(19) **SU** (11) **1336966** **A1**



Изучение физиологического действия препарата «Стимулайф» в полевых опытах Размещение, проведение и уборка полевых опытов



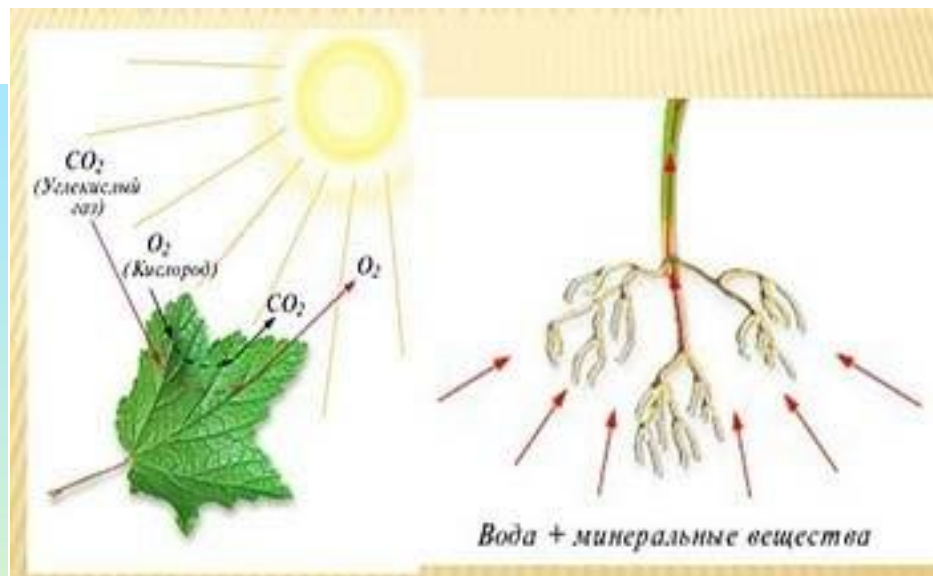
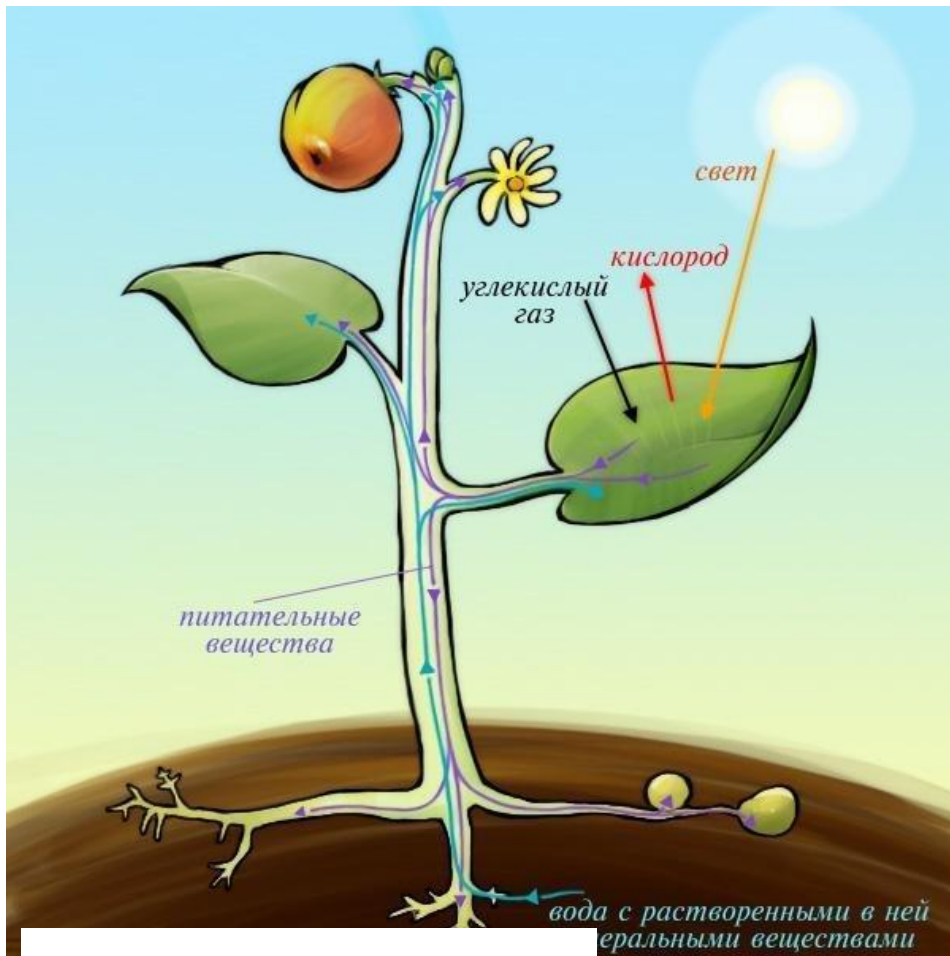


Таблица дефицита микроэлементов

Симптомы	Подозреваемый элемент										Избыток элемента	
	N	P	K	Mg	Fe	Cu	Zn	B	Mo	Mn		
Пожелтение молодых листьев					■						■	
Пожелтение средних листьев										■		
Пожелтение старых листьев	■		■				■					
Пожелтение между жилками											■	
Опадение старых листьев	■											
Листья заворачиваются вверх					■							
Листья заворачиваются вниз			■			■						■
Сгорают края молодых листьев								■				
Сгорают края старых листьев	■						■					
Молодые листья смятые									■			
Омертвление					■						■	
Чахлые листья	■											
Темнозеленые/фиолетовые листья и стебли		■										
Бледно зеленый цвет листа	■									■		
Пятна								■				
Вытягивание	■											
Мягкие стебли			■									
Жесткие/ломкие стебли												



Диагностика состояния растений

Дефицит Азота (очень маленькие белые/желтые листочки)

Дефицит Калия (или избыток Калия или Магния)

НОВЫЕ ЛИСТЬЯ

СТАРЫЕ ЛИСТЬЯ

Нормальные листья

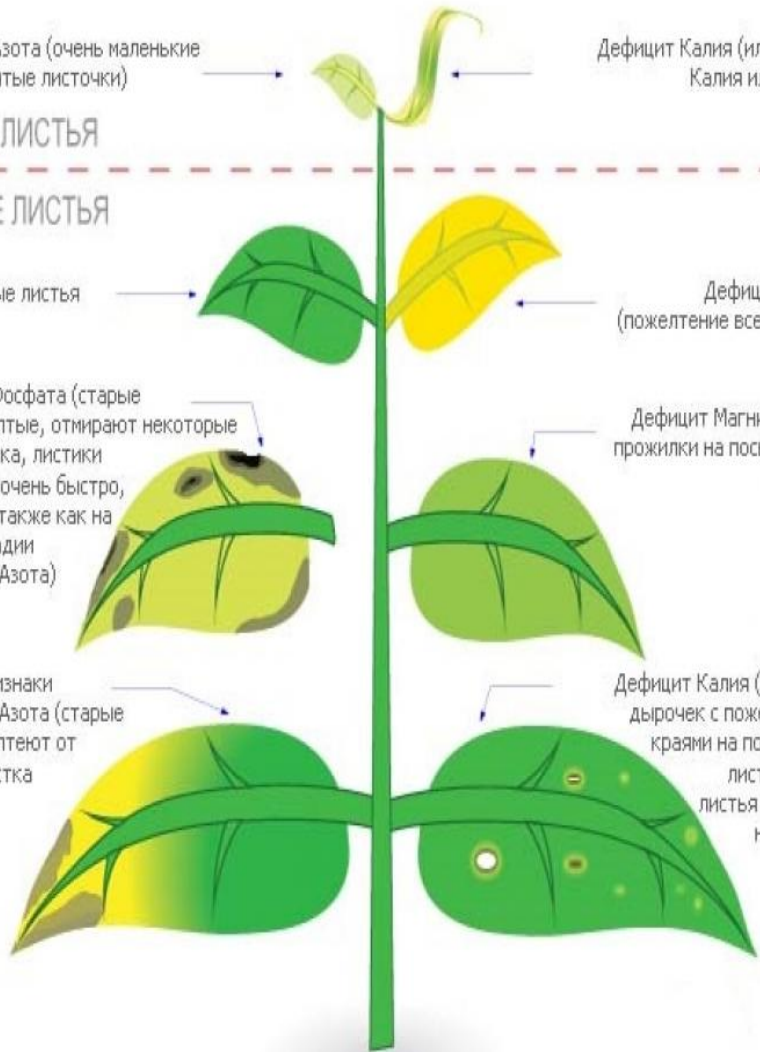
Дефицит Железа (пожелтение всего листка)

Дефицит Фосфата (старые листья желтые, отмирают некоторые части листка, листики опадают очень быстро, выглядит также как на ранней стадии дефицита Азота)

Дефицит Магния (темные прожилки на посветлевших листьях)

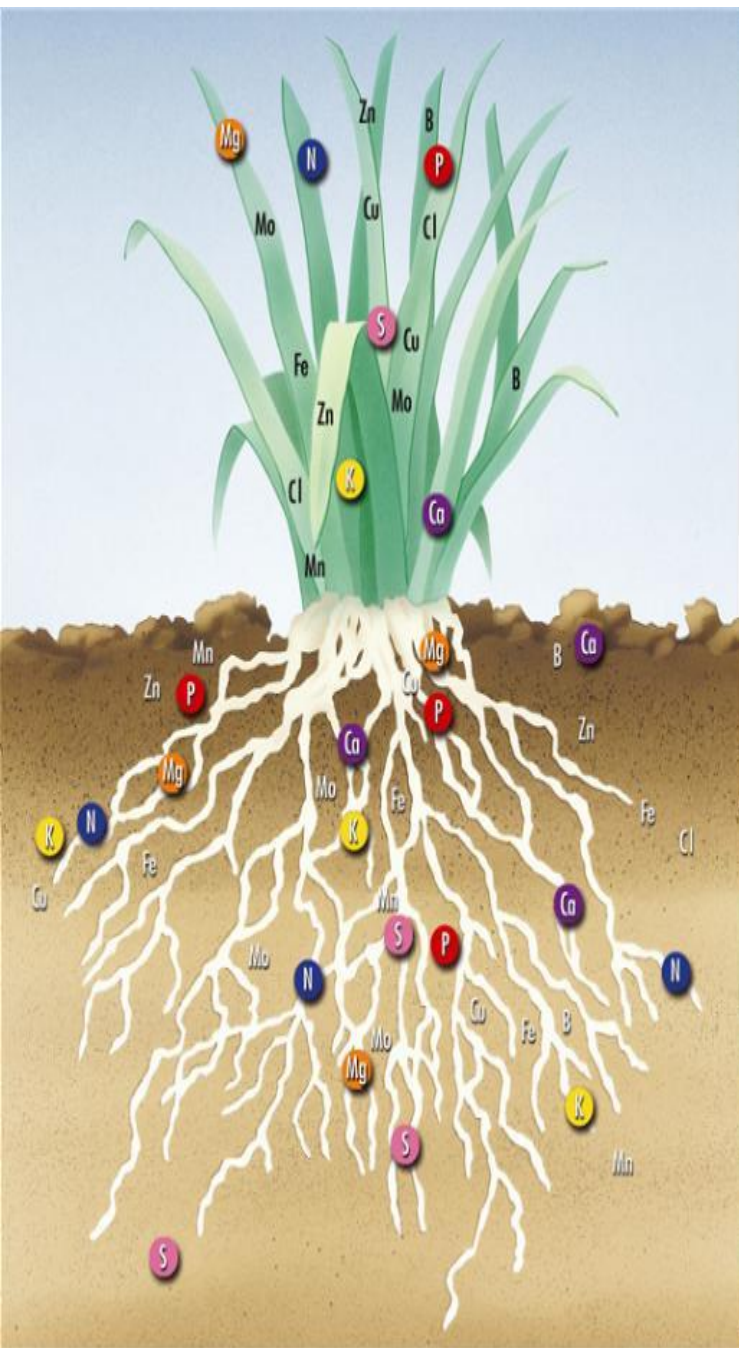
Ранние признаки дефицита Азота (старые листья желтеют от начала листка к стеблю)

Дефицит Калия (появление дырочек с пожелтевшими краями на поверхности листьев, сами листья выглядят нормально)



Листья темно-зеленого цвета с фиолетовыми или бронзовыми прожилками





Потребность растений в микроэлементах во всех фазах роста

Стадии роста



Микроэлементы, необходимые для поддержания роста



Классификация витаминов

ВОДАСТВОРИМЫЕ

(B1, B2, B6, PP, C, B5, B9, B12)

ЖИРОАСТВОРИМЫЕ

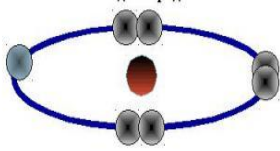
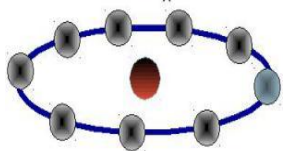
(A, D, E, K)

Механизм действия антиоксидантов

Витамины E, C и β-каротин, обеспечивают антиоксидантную защиту организма. Витамин C действует внутри клетки, витамин E защищает мембрану, а β-каротин работает в областях с кислородным голоданием (капилляры мускульных тканей).

Антиоксидант

Свободный радикал



Другого способа защиты от свободных радикалов кроме антиоксидантов нет

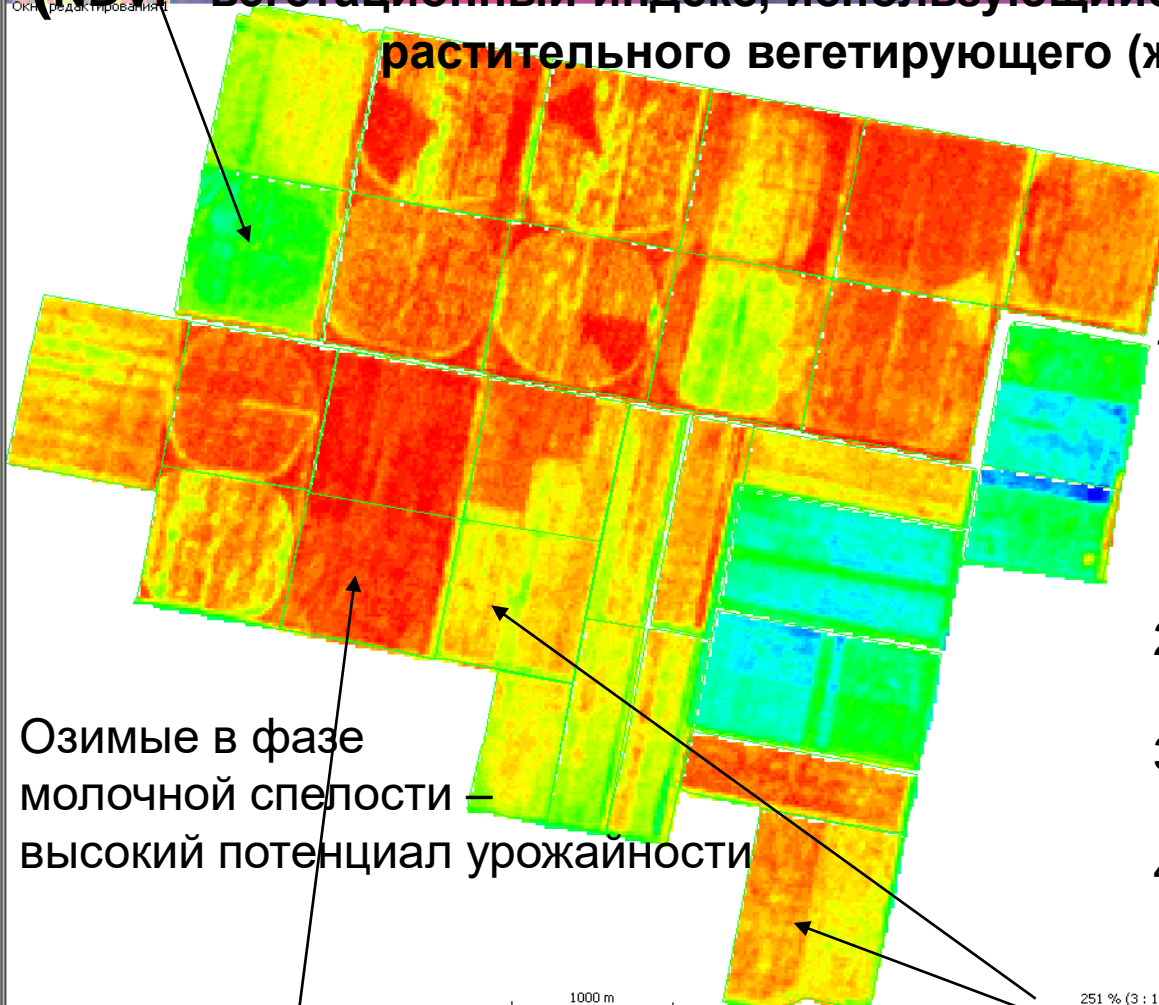
Водорастворимые витамины

Витамин	Активная форма: кофермент	Функция в обмене веществ
B1 тиамин 1,5 мг* зерновые, дрожжевые продукты, свинина	 тиамин-дифосфат	перенос гидроксил-алкильных групп
B2 рибофлавин 1,8 мг* молоко, яйца	 FMN FAD	перенос водорода (в виде гидрид-иона)
остаток 4-аминобензойной кислоты фолиевая кислота 0,2 мг* свежие зеленые овощи, печень	 тетрагидро-фолиевая кислота	C ₁ -обмен
 никотиновая кислота, никотинамид 20 мг* (или 1,2 г триптофана) мясо, дрожжевые продукты, фрукты и овощи	 NAD ⁺ NAD ⁻	перенос гидрид-иона
 пантотеновая кислота 7 мг* содержится во многих пищевых продуктах	 CoA	активация карбоновых кислот



Космическая диагностика состояния растений по космоснимкам NDVI- карта всхожести и развития посевов

(NDVI - вегетационный индекс, использующийся для количественной оценки растительного вегетирующего (живого) покрова)



Область применения:

1. Позволяет выявить территориальные различия в состоянии посевов и ход поспевания посевов во времени;
2. Определение потребности посевов в подкормке;
3. Прогнозирование урожайности
4. Анализ засоренности посевов

Озимые в фазе
молочной спелости —
высокий потенциал урожайности

Активно вегетирующие яровые
посевы, с высоким потенциалом урожайности

Созревающие яровые зерновые

ВЕГС

сервис анализа вегетации

настройки

региона

область:

район:

широта: по 29 ° 55.66

долгота: по 60 ° 13.44

координаты курсора: 29°55.63'E

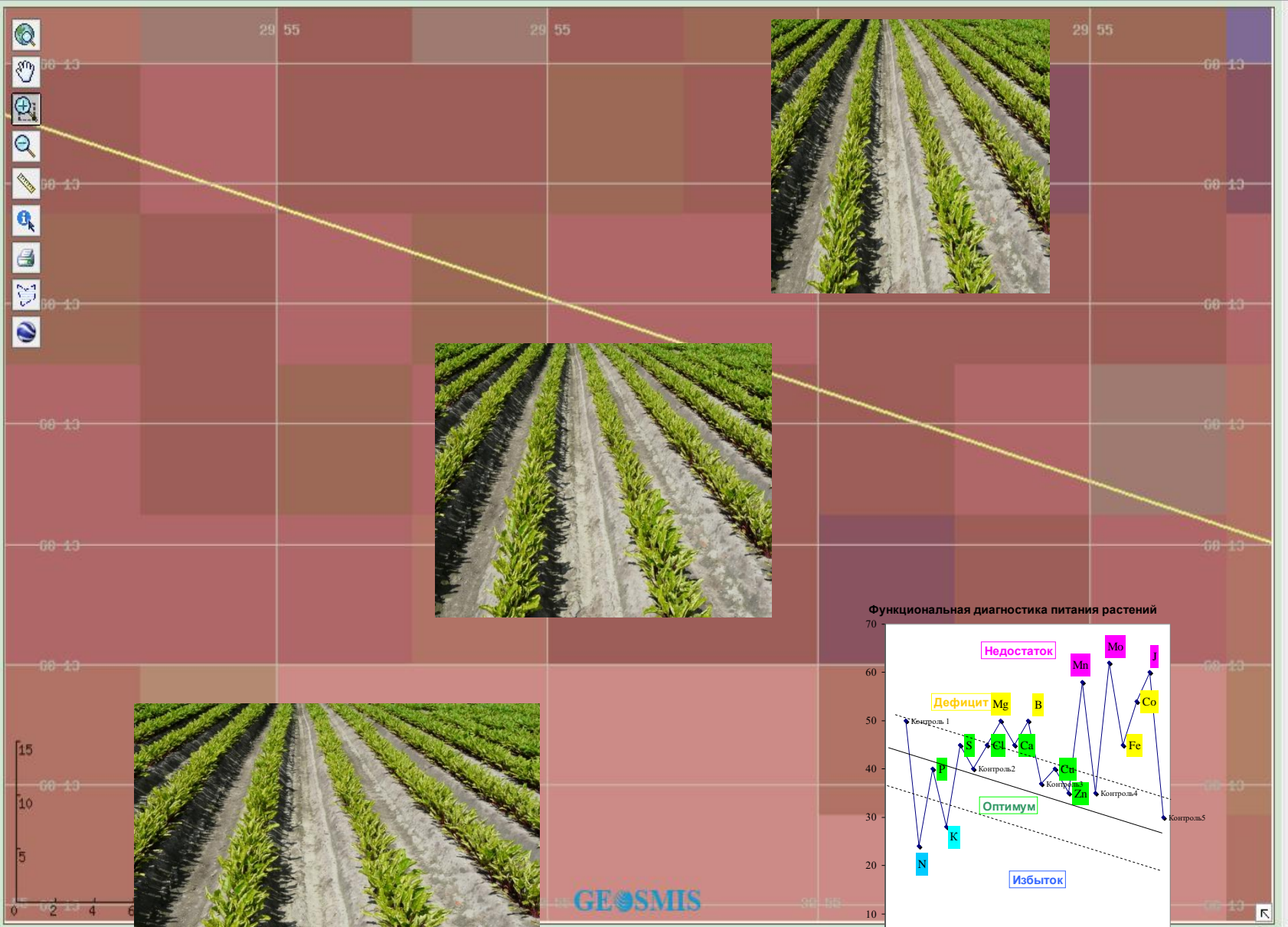
название:

тип насел. пункта:

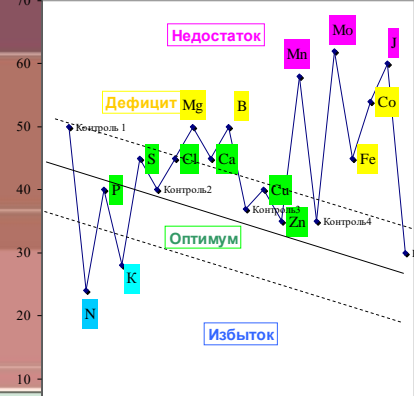
тип территории:

длина метки:

ширина метки:



Функциональная диагностика питания растений



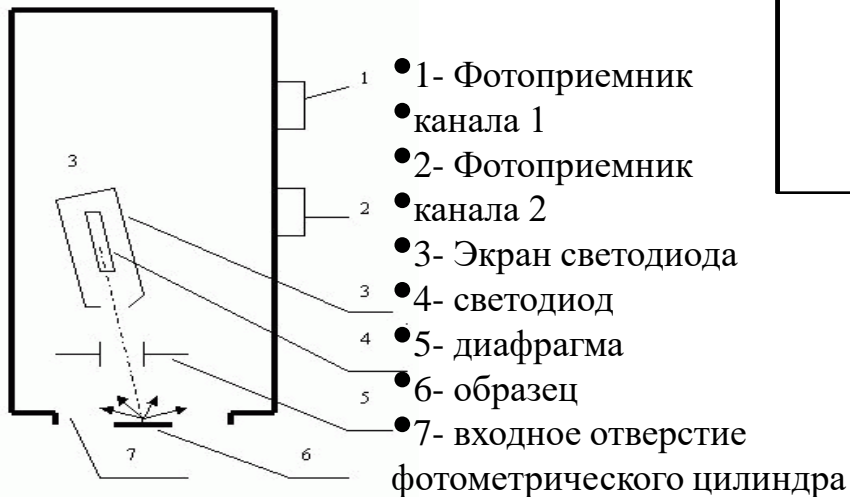
GEOSMIS

Оперативная диагностика состояния растений

Контактный тестер при измерениях

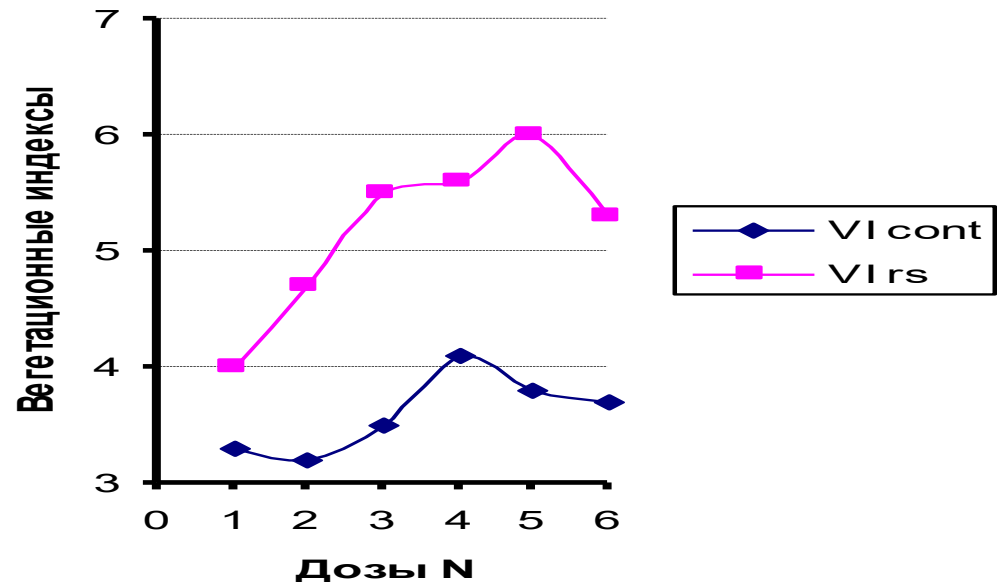


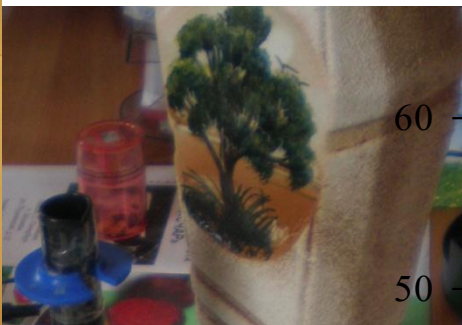
Фотометрический блок N-тестера



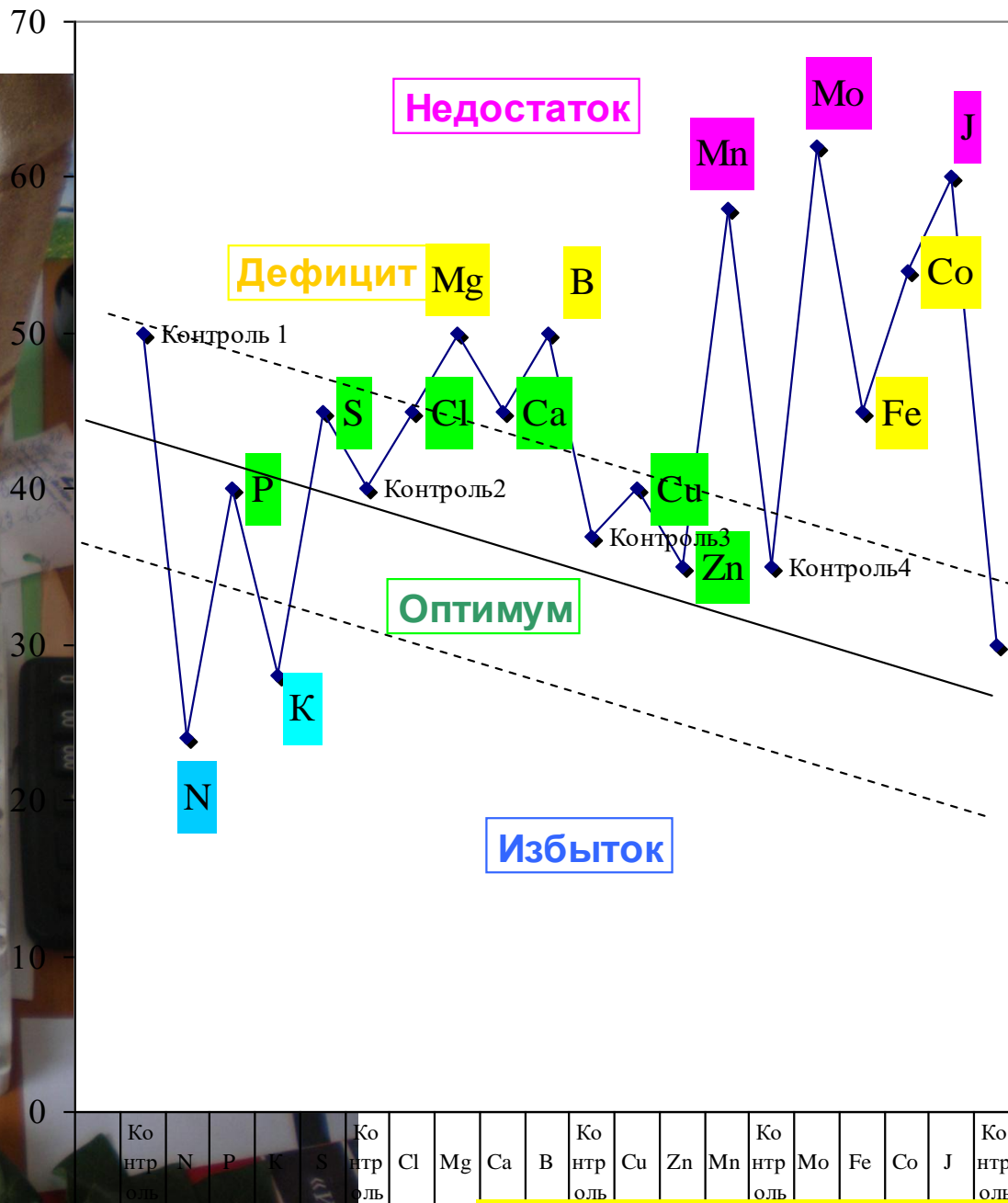
Сравнение показаний контактного и дистанционного тестеров

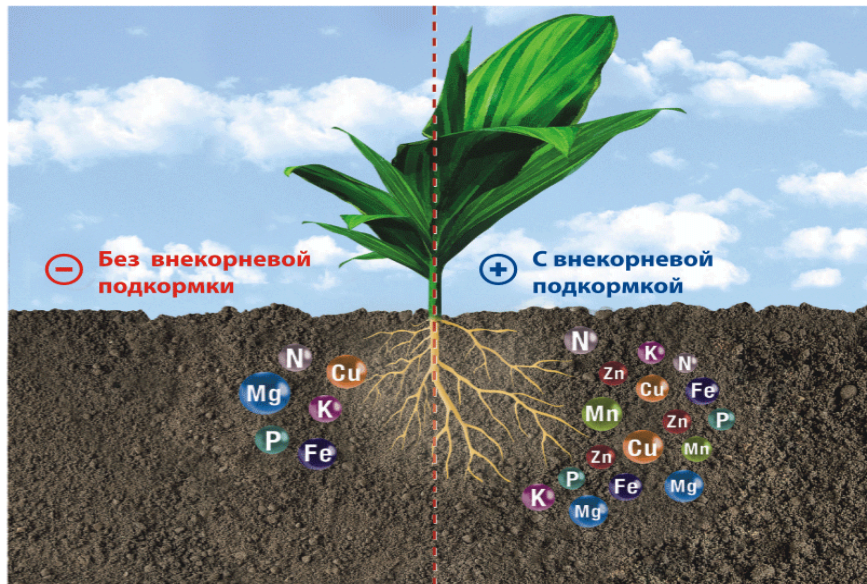
Зависимости VI cont (N) и VI rs (N)





Функциональная диагностика питания растений





**Состояние растений свёклы до
обработки средствами
коррекции**

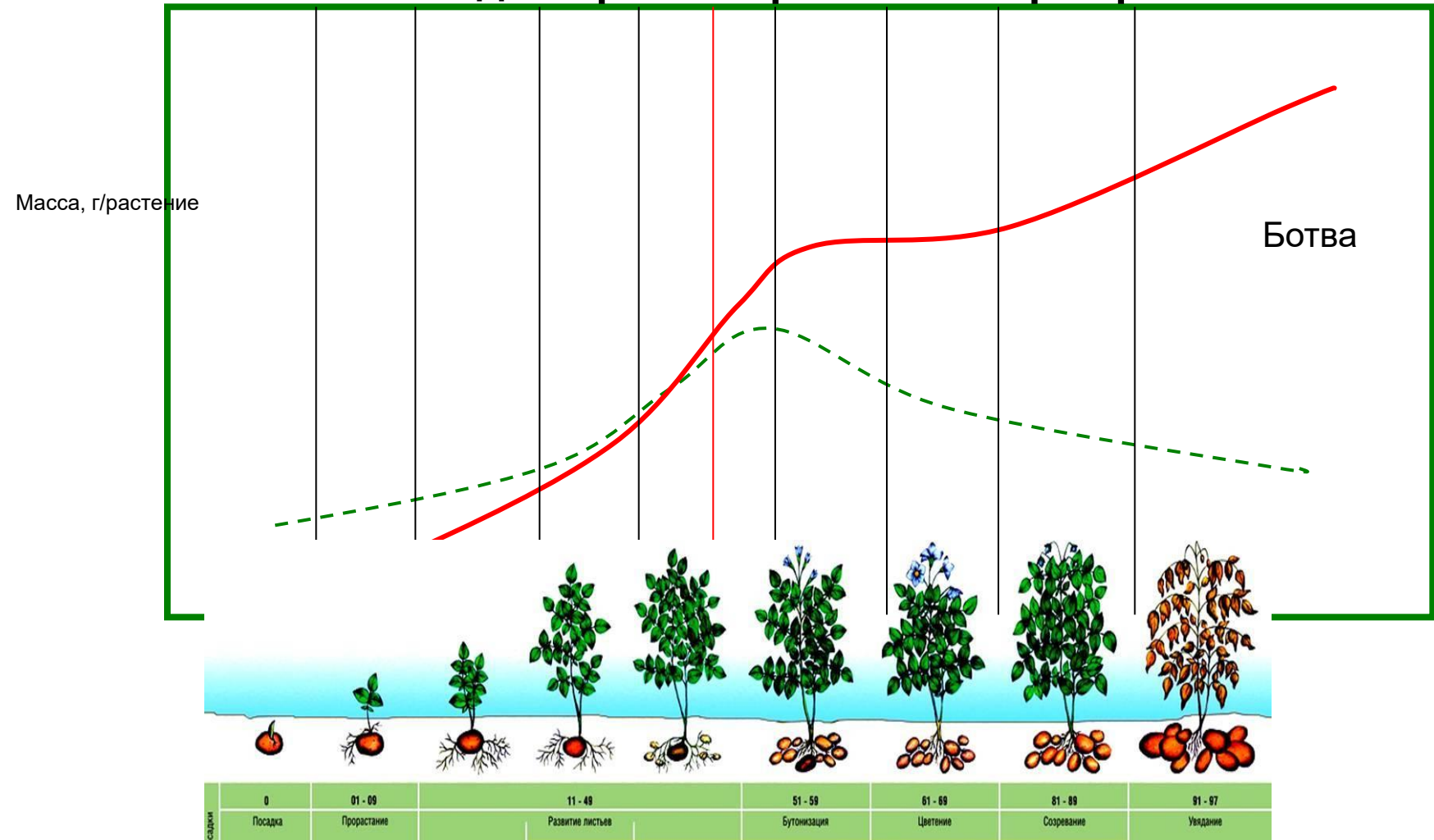
**Состояние растений свёклы после
обработки вегетирующих растений
средствами коррекции**



Формирование схемы управления ростом и развитием растений на примере картофеля

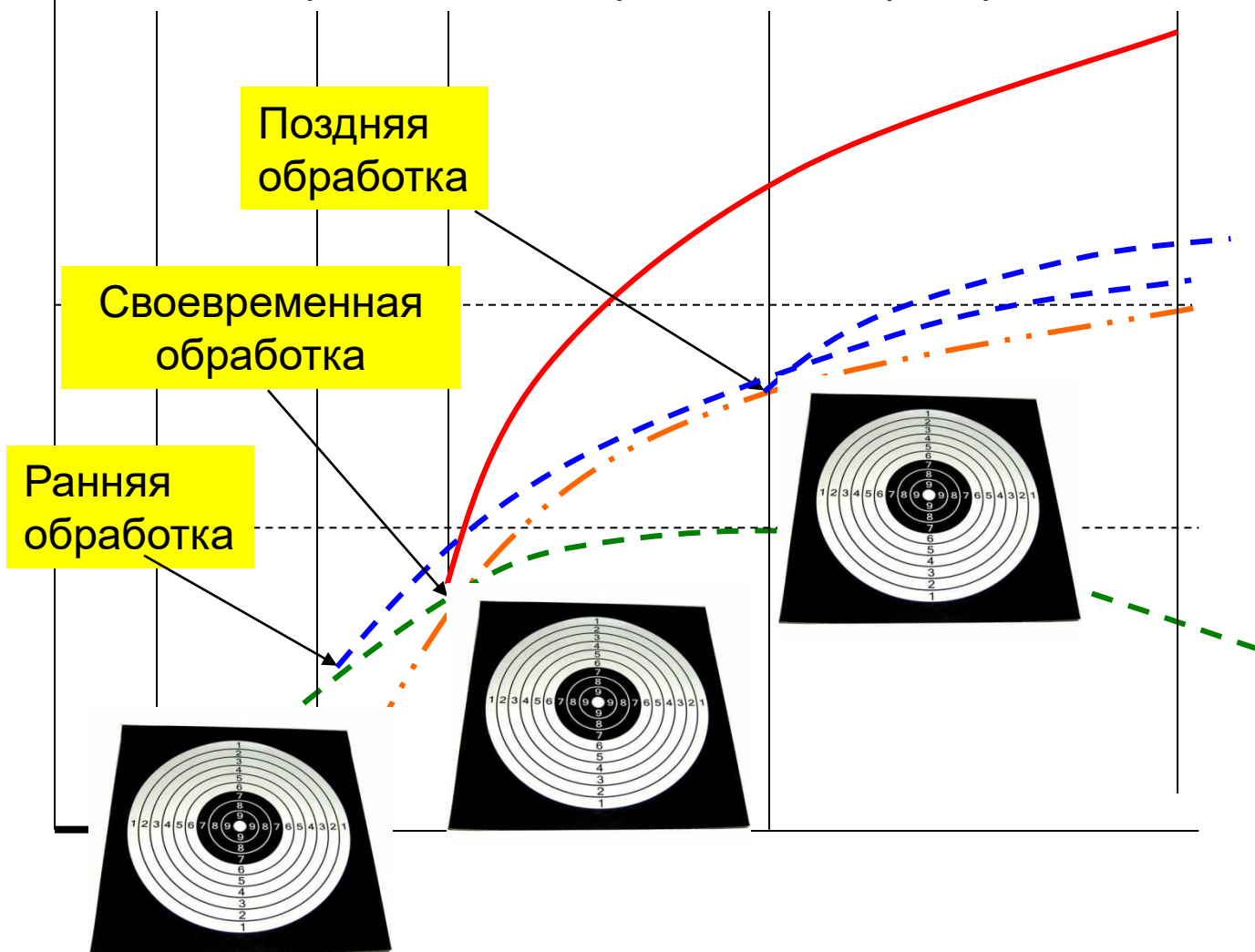
Клубни

Модель роста и развития картофеля



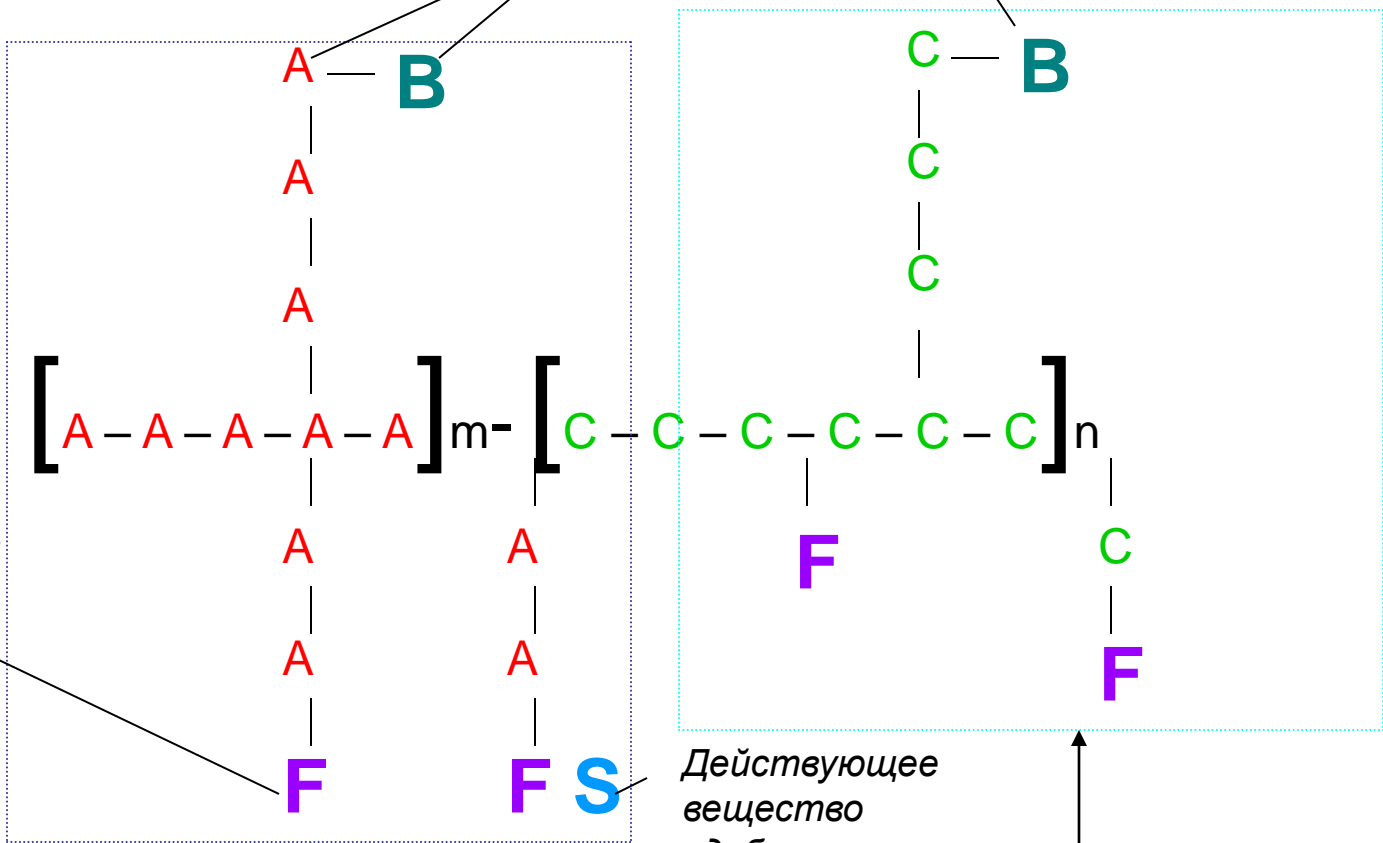


Реакция растений на обработки биопрепаратами



Схематическая формула полимера – основы для жидких полимерных удобрений

Гидрофобная часть макромолекулы



Гидрофильная часть макромолекулы с функциональной группой

Действующее вещество удобрения

Часть макромолекулы, состоящая из мономерных звеньев вида А

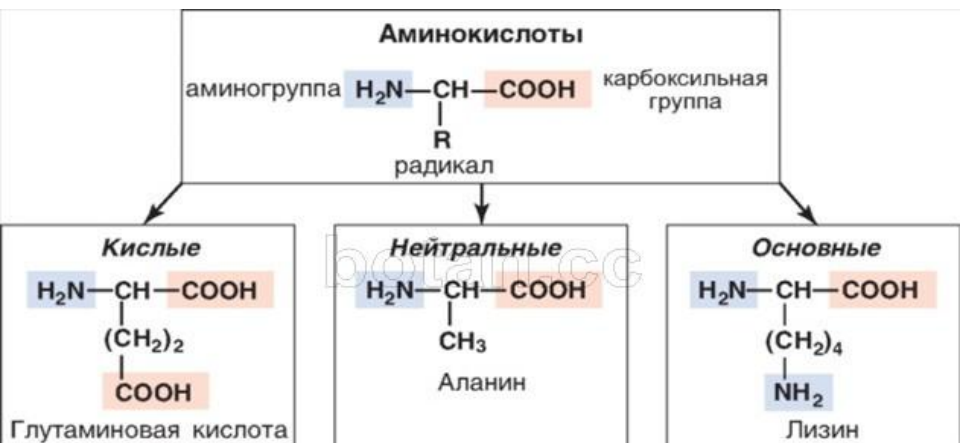
Часть макромолекулы, состоящая из мономерных звеньев вида В

Сравнительные образцы обработки листовой пластины жидкими полимерными удобрениями и обычными средствами для некорневых подкормок



Влияние обработки вегетирующих растений полимерными удобрениями на сход питательных веществ после полива

Состав для обработки	Остаточное количество элементов питания в % от исходного					
	Первая обработка			Вторая обработка		
	<i>N</i>	<i>K</i>	<i>P</i>	<i>N</i>	<i>K</i>	<i>P</i>
Пирофосфат калия	--	7,8	--	--	--	--
Карбамид	16,3	--	--	3,7	--	--
Зеленит-1	89,9	--	--	71,4	--	--
Зеленит-2	--	61,0	59,4	--	41,2	51,2
Зеленит-1 + Зеленит-2	74,2	39,1	74,8	76,3	49,1	76,4

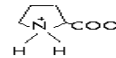
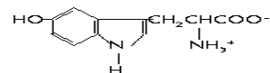
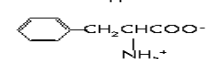
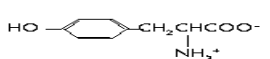
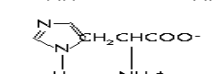


Некоторые важнейшие α-аминокислоты

Формула	Название	Обозначение
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Глицин	<i>Gly (Гли)</i>
$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$	Аланин	<i>Ala (Ала)</i>
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$	Фенилаланин	<i>Phe (Фен)</i>
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$	Валин	<i>Val (Вал)</i>
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$	Лейцин	<i>Leu (Лей)</i>
$\text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$	Серин	<i>Ser (Сер)</i>
$\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$	Аспарагин	<i>Asn (Асп)</i>

Таблица 1-3. Изменение суммарного заряда аминокислот в зависимости от pH среды

Сильно кислая среда	Нейтральная среда	Сильно щелочная среда
1. Аминокислоты с несдвигивающимися радикалами		
$\text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COOH}$ $ $ R Суммарный заряд = -1	$\text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COO}^- \xleftarrow{+\text{H}^+} \text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COO}^- \xrightarrow{+\text{OH}^-} \text{NH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$ $ $ R Суммарный заряд = 0	$\text{NH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$ $ $ R Суммарный заряд = -1
2. Аминокислоты с подвижными группами в радикале		
$\text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COOH}$ $ $ CH_2 $ $ COOH Суммарный заряд = -1	$\text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COO}^- \xleftarrow{+\text{H}^+} \text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COO}^- \xrightarrow{+\text{OH}^-} \text{NH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$ $ $ CH_2 $ $ COO^- Суммарный заряд = -1	$\text{NH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$ $ $ CH_2 $ $ COO^- Суммарный заряд = -2
3. Аминокислоты с катионными группами в радикале		
$\text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COOH}$ $ $ $(\text{CH}_2)_4$ $ $ NH_3^+ Суммарный заряд = +2	$\text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COO}^- \xleftarrow{+\text{H}^+} \text{NH}_3^+-\text{CH}-\text{COO}^- \xrightarrow{+\text{OH}^-} \text{NH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$ $ $ $(\text{CH}_2)_4$ $ $ NH_3^+ Суммарный заряд = +1	$\text{NH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$ $ $ $(\text{CH}_2)_4$ $ $ NH_2 Суммарный заряд = -1

Название	Сокращенное обозначение	Формула
Аминокислоты с неполярными боковыми цепями		
Аланин	(Ала, Ala, A)	$\text{CH}_3\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Глицин	(Гли, Gly, G)	HCHCOO^- $ $ NH_3^+
Валин	(Вал, Val, V)	$\text{CH}_3\text{CHCHCOO}^-$ $ $ $\text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_3^+$
Изолейцин	(Иле, Ile, I)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCHCOO}^-$ $ $ $\text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_3^+$
Лейцин	(Лей, Leu, L)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOO}^-$ $ $ $\text{CH}_3 \quad \text{NH}_3^+$
Метионин	(Мет, Met, M)	$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Пролин	(Про, Pro, P)	
Триптофан	(Три, Trp, W)	
Фенилаланин	(Фен, Phe, F)	
Аминокислоты с полярными неионизируемыми боковыми цепями		
Аспарагин	(Асп, Asn, N)	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Глутамин	(Гли, Gln, Q)	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Серин	(Сер, Ser, S)	$\text{HOCH}_2-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Треонин	(Тре, Thr, T)	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Аминокислоты с кислотными боковыми цепями		
Аспарагиновая кислота	(Асп, Asp, D)	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Глутаминовая кислота	(Глу, Glu, E)	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Цистеин	(Цис, Cys, C)	$\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Тирозин	(Тир, Tyr, Y)	
Аминокислоты с основными боковыми цепями		
Аргинин	(Арг, Arg, R)	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{NH})-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+
Гистидин	(Гис, His, H)	
Лизин	(Лиз, Lys, K)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^-$ $ $ NH_3^+

Спасибо за внимание!

**Комаров Андрей Алексеевич –
Доктор с.-х. наук
научный консультант
«НПО Стимул»
Zelenydar@mail.ru
Тел.: 8-911-745-20-25**