



СПбГУ



Агротехнологии будущего: выращивание растений и специалистов

Современные вызовы сельскохозяйственному
производству и ответы на них, благодаря
фундаментальной науке

И.А.Тихонович

Месячный индекс продовольственных цен в период с января 1990 по май 2011 года (2000 г. = 100)



ВЫЗОВЫ :
1. Волатильность
2. Продуктивность или экологический риск

Мировые тренды

ООН (ОЭСР, ФАО, ВОЗ):
увеличение населения на 25-30%
к 2050 г.

Экологозащитное и экономически
эффективное с/х под

Управляемая диверсификация
состава культур и пород и
получаемых продуктов,
доместикация новых

Биоэкономика – экономика
возобновления природных ресурсов
в производстве продуктов питания,
энергии, товаров и услуг –
доминирующий мировой тренд

Новые модели потребления –
большая рациональность и
прагматичность, включая
здоровое питание и
фармацевтические
продукты

Экономический спад и поиск
занятости в аграрном
секторе 2.0

Низкоуглеродная экономика,
включая энергетику на
биотопливе

«Природоориентированное»
поведение социума (в
особенности молодежи)

Научные (биологические) задачи по повышению устойчивости сельскохозяйственного производства

Для действенной адаптации потребуется обеспечить доступ (как физический, так и в юридическом смысле на основе соответствующих норм в области интеллектуальной собственности) к **генетическим ресурсам** как существующих культур и скота, так и их диких родственников, а также к сортам и подородам, которые могут появиться в будущем. Следует выявить **гены** сельхозкультур, обеспечивающие **устойчивость к засухе и наводнениям ...**, Свойства тех или иных видов давать стабильный урожай в разнообразных условиях – это особенно важные области, где необходимы дополнительные исследования для лучшего их понимания. Производителям продовольствия, учреждениям государственного и частного секторов, научно-исследовательским учреждениям и правительствам необходимо более активно сотрудничать в обеспечении **наработки и распространения знаний и передачи технологий** в области описания, сохранения и упорядочения генетических ресурсов для обеспечения адаптации к изменению климата, **свести к минимуму генетическую эрозию.**

Возможный вклад ученых СПбГУ в реализацию 7-го приоритета

Метагеномика, мониторинг почв, оценка генетических ресурсов почвенных микроорганизмов

Селекция растений следующего поколения

Генетика животных и селекция

куры

крс

рыбы

Мониторинг сельхозугодий

Научная инфраструктура, возможности

Образовательная программа

2015 год

***«Молекулярная биология и
агробиотехнология растений»***

Задача программы – формирование комплексного видения актуальных вызовов с\х производству и возможностей их решения на базе современных знаний генетики, молекулярной биологии и смежных наук в едином пространстве классического университета

Уникальность Санкт-Петербурга - генетические ресурсы – ключ к решениям

ВИР им. Н.И. Вавилова и Вавиловская коллекция генресурсов - №1 в мире

Более 320 тысяч образцов - в топ-5 ведущих генбанков мира – «Мекка» для мировой элиты ученых-биологов и растениеводов практиков.

- основа для всего спектра фундаментальных исследований биологии растений
- новейшие технологии и приоритетные направления селекции
- противостояние глобальным и локальным изменениям климата
- «осеверение» растениеводства, биологизация и экологизация с/х
- ресурсо- и энергосбережение

Микробиологическая коллекция

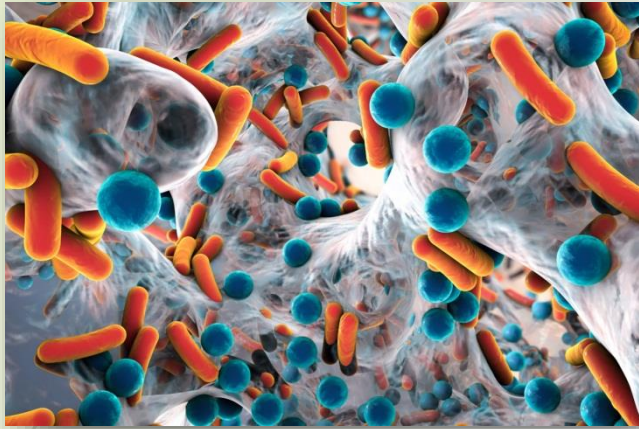
Более 10 тысяч штаммов микроорганизмов сельскохозяйственного назначения.

- возможности экологизации с/х производства за счет оптимизации микробиомов в агроценозах
- основа фундаментальных исследований и производства микробных препаратов на миллионах гектаров

Коллекция сельскохозяйственных животных

Уникальное в Европе собрание кур в живом разведении и криохранилище семени КРС (вместе с коллекцией ВНИТИП)

- основа селекции пород и популяций кур всех направлений
- источник восстановления старых отечественных пород КРС, развития селекции новых пород лошадей, северных оленей и других млекопитающих



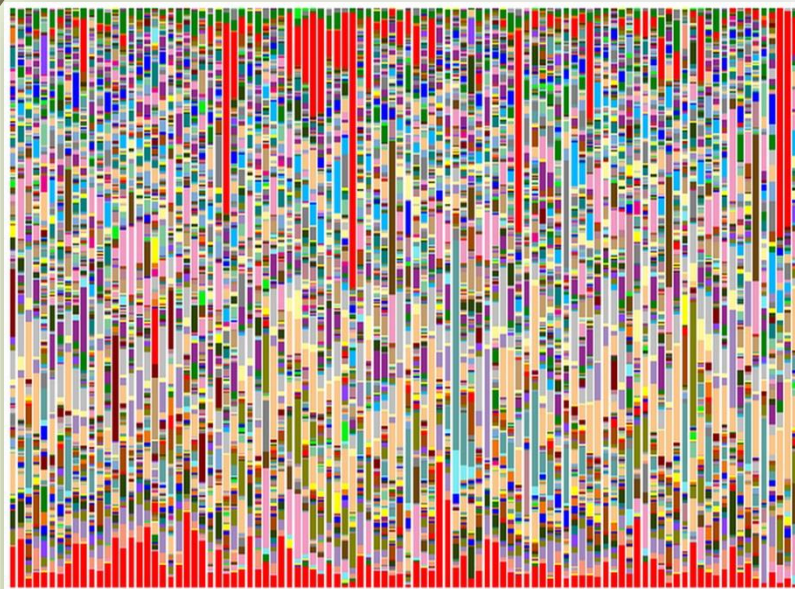
Микробиом – совокупность всех микроорганизмов местообитания (почва, вода, воздух, растения, животные и др.)



Методы культивирования, используемые в микробиологии более 100 лет, позволяют выявить не более 1% микроорганизмов.

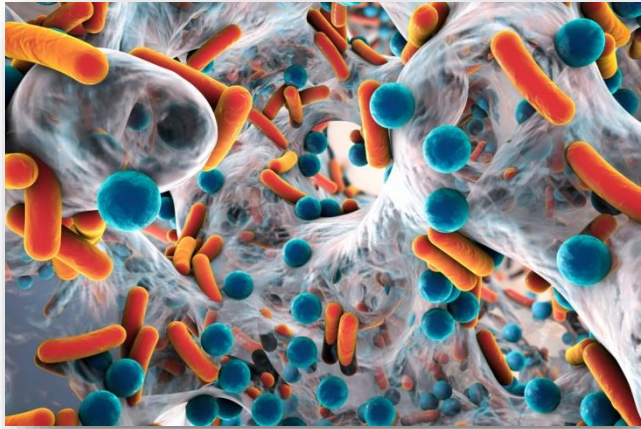


Только современные средства метагеномики позволяют получить доступ ко всей массе микроорганизмов, так как они работают с ДНК и не требуют культивирования.



Использование методов метагеномики уже сегодня позволяет в кратчайшие сроки получать данные о всех без исключения микроорганизмах, обитающих в окружающей среде, растениях и животных.

Метагеномные подходы в сельском хозяйстве уже сегодня могут дать ответ на множество вопросов, имеющих принципиальное значение в обеспечении продуктивного и экологизированного производства, так роль микроорганизмов во всех отраслях сельского хозяйства исключительно велика и существенно недооценивалась ранее.



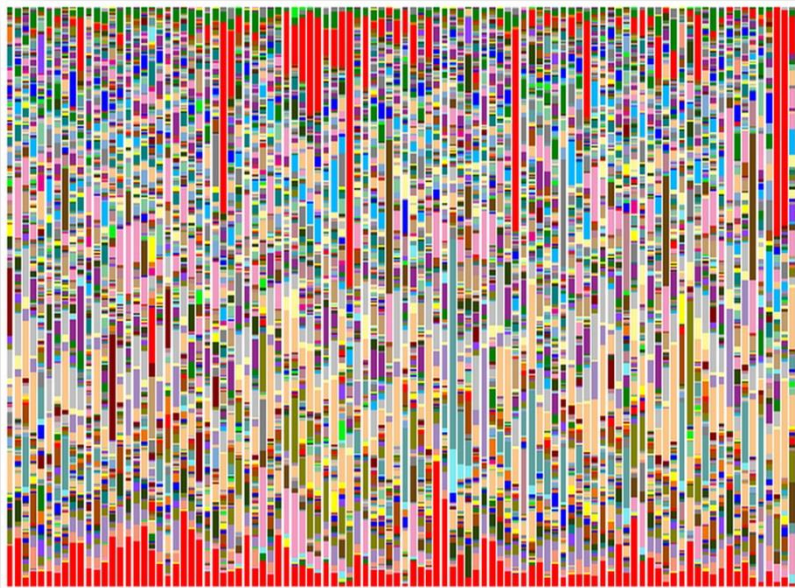
Микробиом – совокупность всех микроорганизмов местообитания (почва, вода, воздух, растения, животные и др.)



Методы культивирования, используемые в микробиологии более 100 лет, позволяют выявить не более 1% микроорганизмов.



Только современные средства метагеномики позволяют получить доступ ко всей массе микроорганизмов, так как они работают с ДНК и не требуют культивирования.



Использование методов метагеномики уже сегодня позволяет в кратчайшие сроки получать данные о всех без исключения микроорганизмах, обитающих в окружающей среде, растениях и животных.

Метагеномные подходы в сельском хозяйстве уже сегодня могут дать ответ на множество вопросов, имеющих принципиальное значение в обеспечении продуктивного и экологизированного производства, так роль микроорганизмов во всех отраслях сельского хозяйства исключительно велика и существенно недооценивалась ранее.

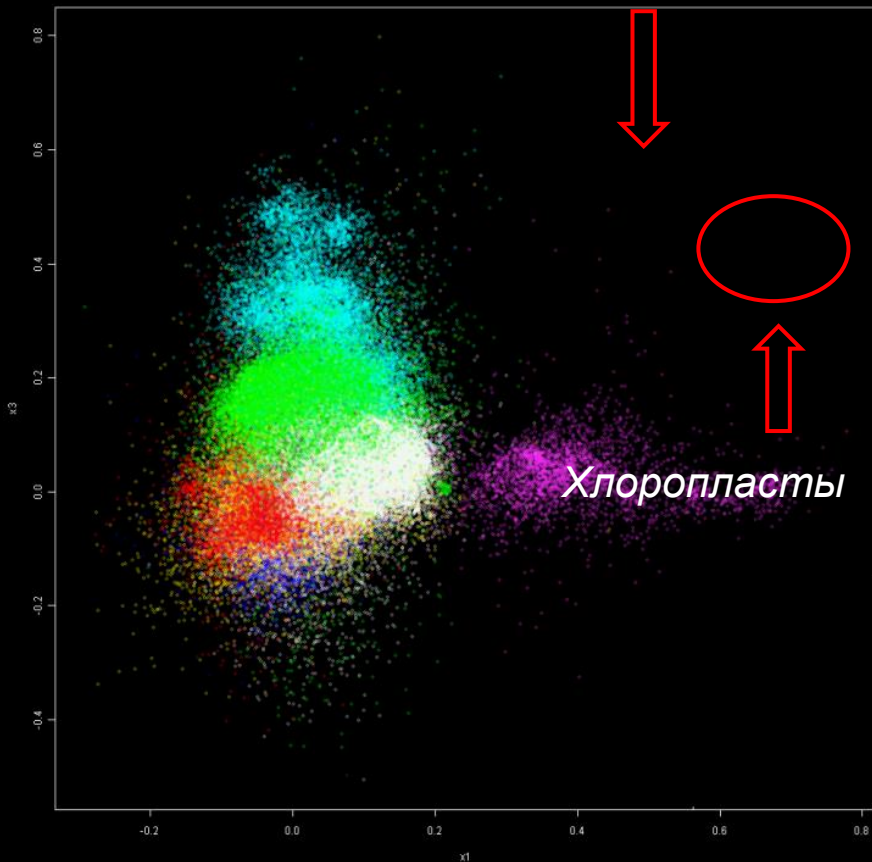
Модели многомерного пространства в описании микробиомов агроценозов

«Эволюционная свечка» 13D

«Эволюционная пушка»

Цианобактерии

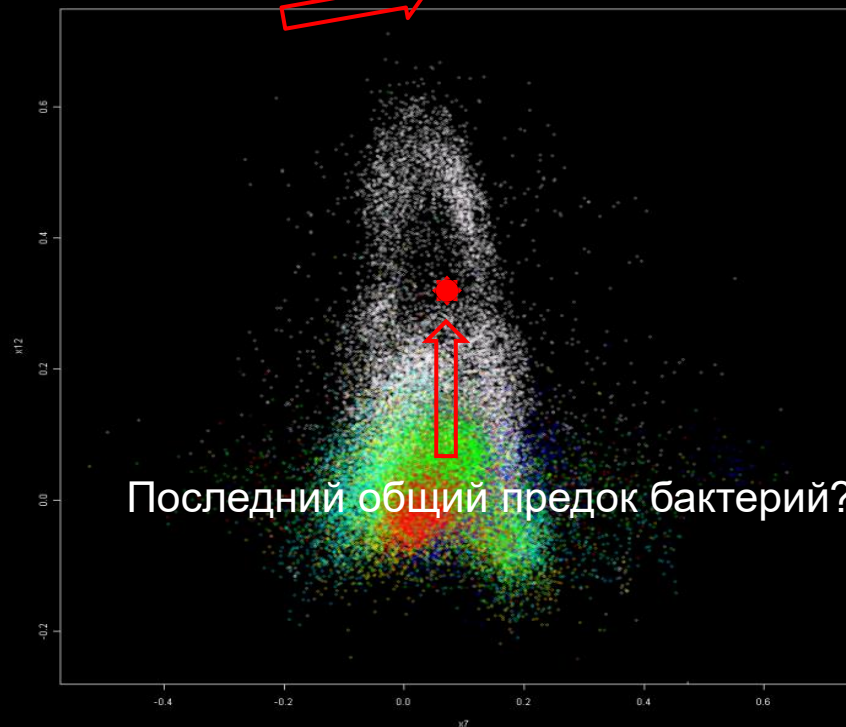
Последовательный срез 1-3-4 #4



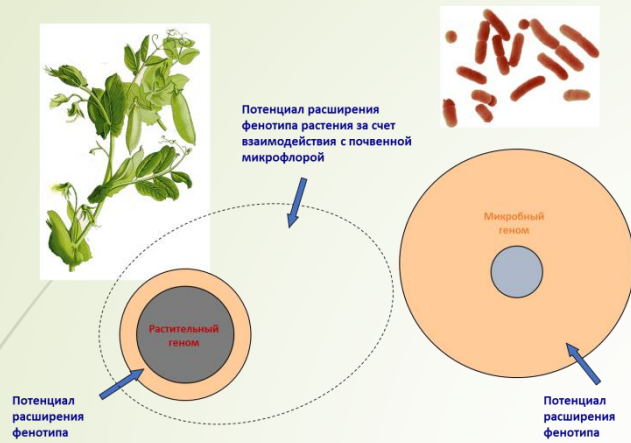
Протеобактерии

Эволюционная дыра?

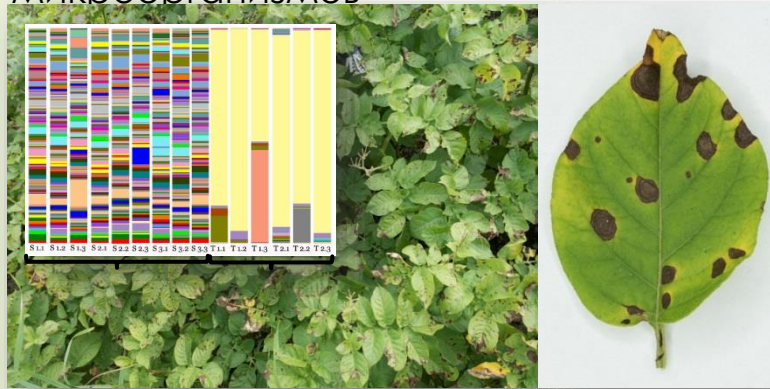
Последовательный срез 7-12-1 #3



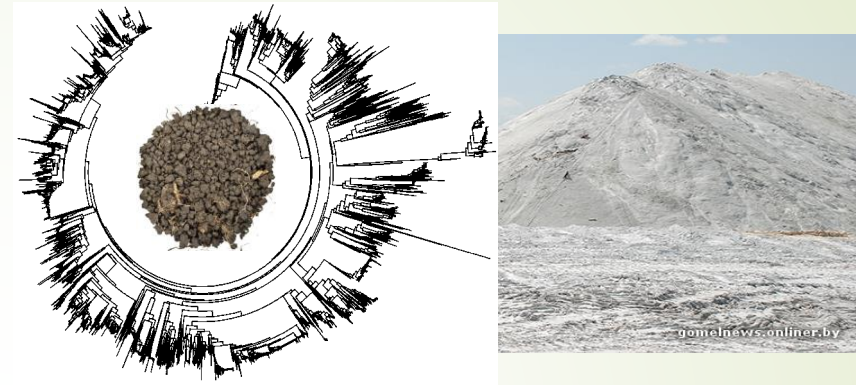
Перспективы использования метагеномных подходов в сельском хозяйстве:



Расширение функционального потенциала растений за счет генетических ресурсов почвенных МИКРООРГАНИЗМОВ



Быстрое определение всех патогенов в посевном материале, растениях, почве и сельхозпродукции



Управление почвенным плодородием и создание новых подходов к рекультивации



Создание нового поколения биопрепаратов и систем контроля их производства и использования

Опорные зоны Арктики

«Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года»

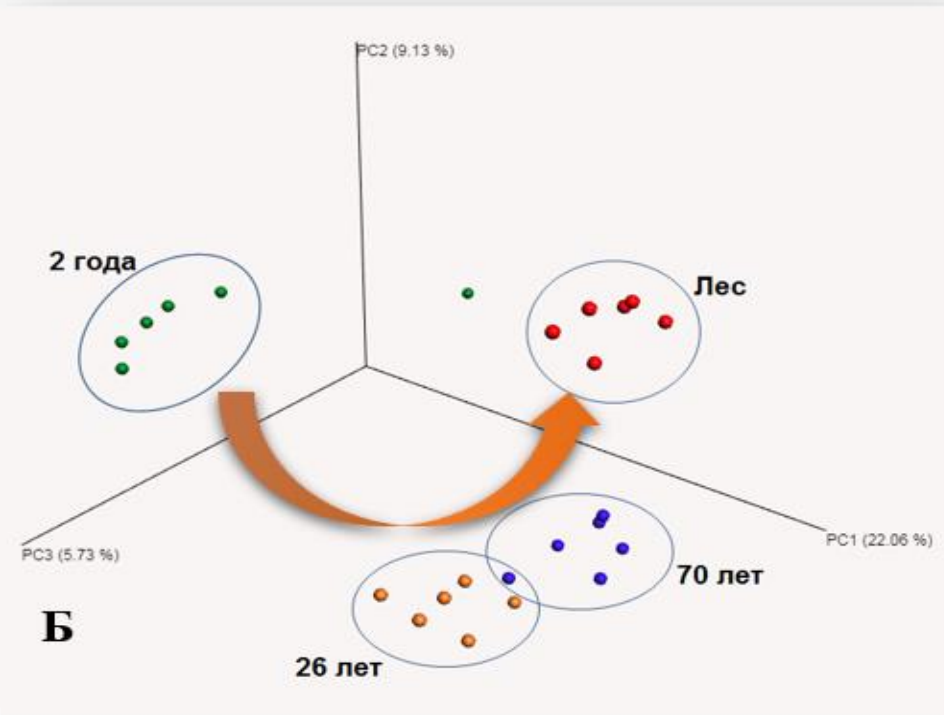
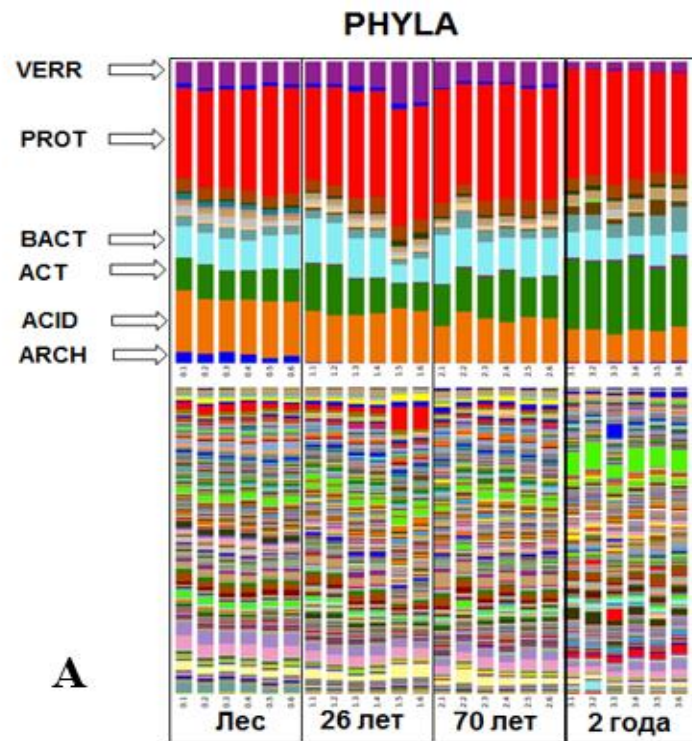
остро стоит проблема снабжения населения (2,5 млн чел) доступным по качеству и цене питанием, а также монополизацией или олигополизацией рынка в Условиях Крайнего Севера



Опорная зона – экономический инструмент развития, который предусматривает создание благоприятного режима ведения хозяйственности на этих территориях

- 1 – Кольская, 2 – Архангельская, 3 – Ненецкая, 4 – Воркутинская, 5 – Ямальская, 6 – Таймыро-Туруханская, 7 – Северо-Якутская,
- 8 – Чукотская

Анализ сукцессии почвенного м-мов таксономическом и функциональном уровне демонстрирует последовательное развитие и «созревание» одного из основных драйверов плодородия – почвенного микробиома



Эволюция структуры

микробного сообщества почвы в ходе почвообразования демонстрирует разнонаправленную динамику от пионерской микрофлоры (цианобактерии) до таксонов, свойственных развитым почвам

Секвенирование полных метагеномов также демонстрирует сложную и разнонаправленную динамику почвенного функционала. На рисунке продемонстрировано обогащение почвенного метагенома генами,

Сравнительные параллельные исследования растительного и почвенного микробиомов позволили сформулировать гипотезу «эволюционного прессформинга» при котором матрицей для эволюции микробиома служит растительное сообщество, формирующее эффективный ризобиом под свои нужды



Стабильный и ограниченный по объему информации эукариотический геном дополняется изменчивым метагеномом, обладатели которого расширяют адаптацию к конкретным условиям среды для всей надвидовой системы в целом (симбиогеном).

Мережковский К.С.



1885-1921

Фаминцин А.С.



1835-1918

Линн Маргулис

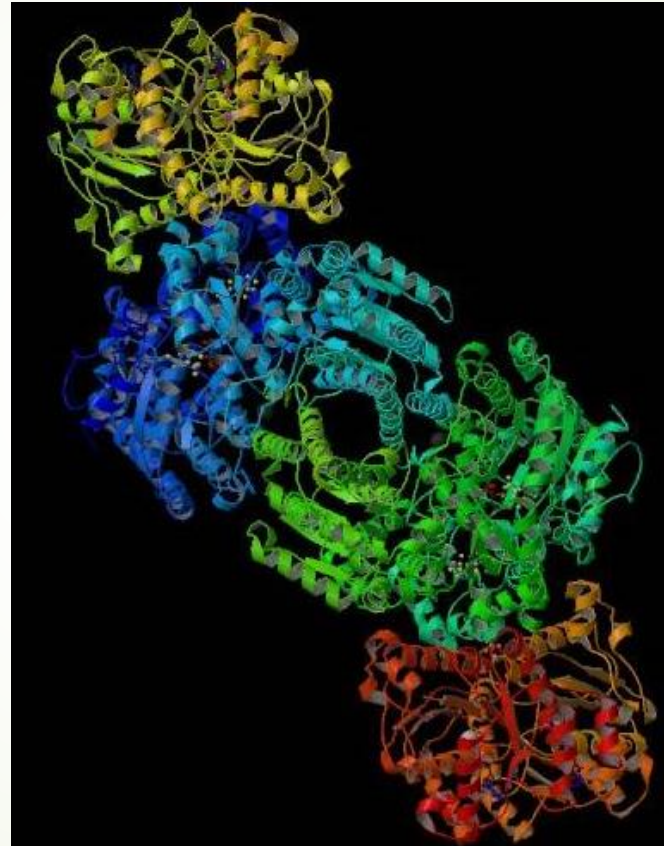
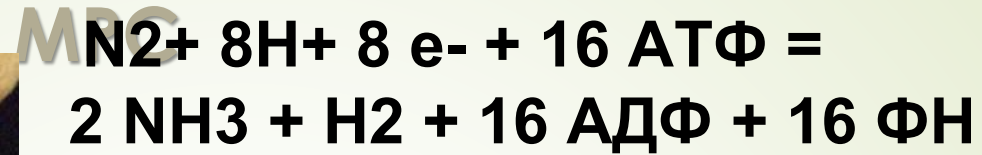


1938-2011

Классики учения о симбиотическом происхождении эукариотической клетки: постоянные органеллы возникли путем эволюции бактерий в растительной клетке

Задача: разработка молекулярно-генетических подходов к формированию временных органелл по мере необходимости адаптации

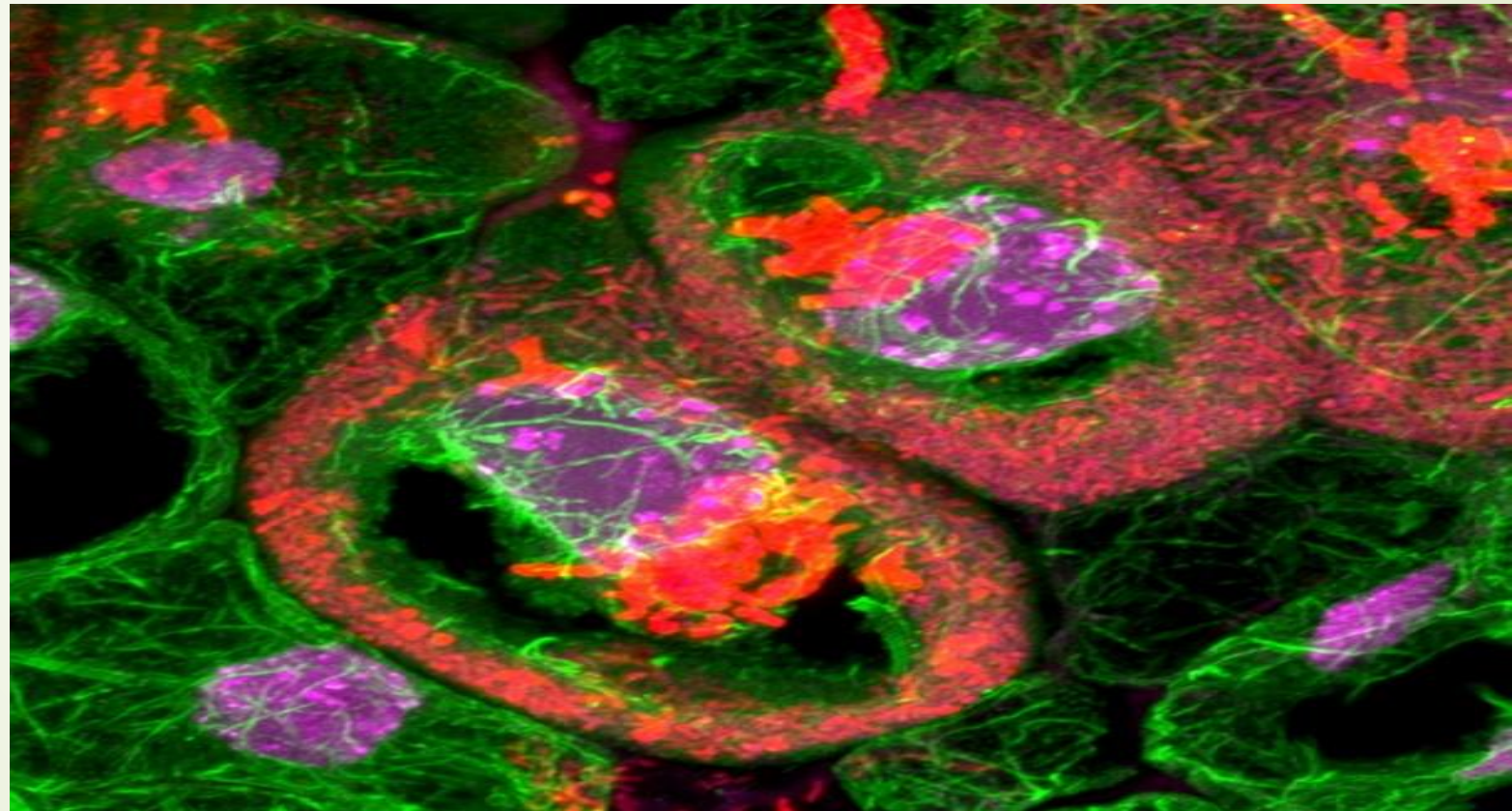
Симбиотическая функция



Адаптация
возникает только
в случае
необходимости,
это открывает
возможность для
введения новых
функций в клетку
растений

РЕШЕНИЕ проблемы экология –
продуктивность

Клетки из зоны инфекции в клубеньках дикого
типа *Medicago truncatula* проявляют
определенную архитектуру при размещении
бактероидов



Фиолетовый – ядра, красный – бактерии и бактериоды,
зеленый - актин

Задачи по конструированию новых симбиотических систем

Редактирование
структуры
рецепторов

Включение новых
структур в геномы
сортов

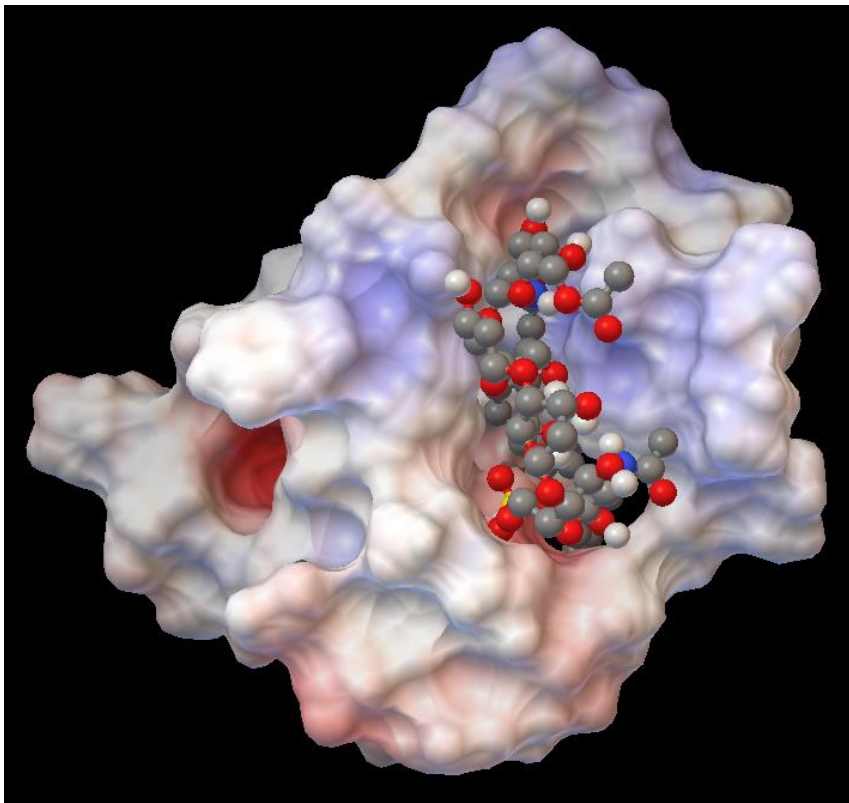
Выделение новых
генов

Введение новых генов
в коммерческие
штаммы

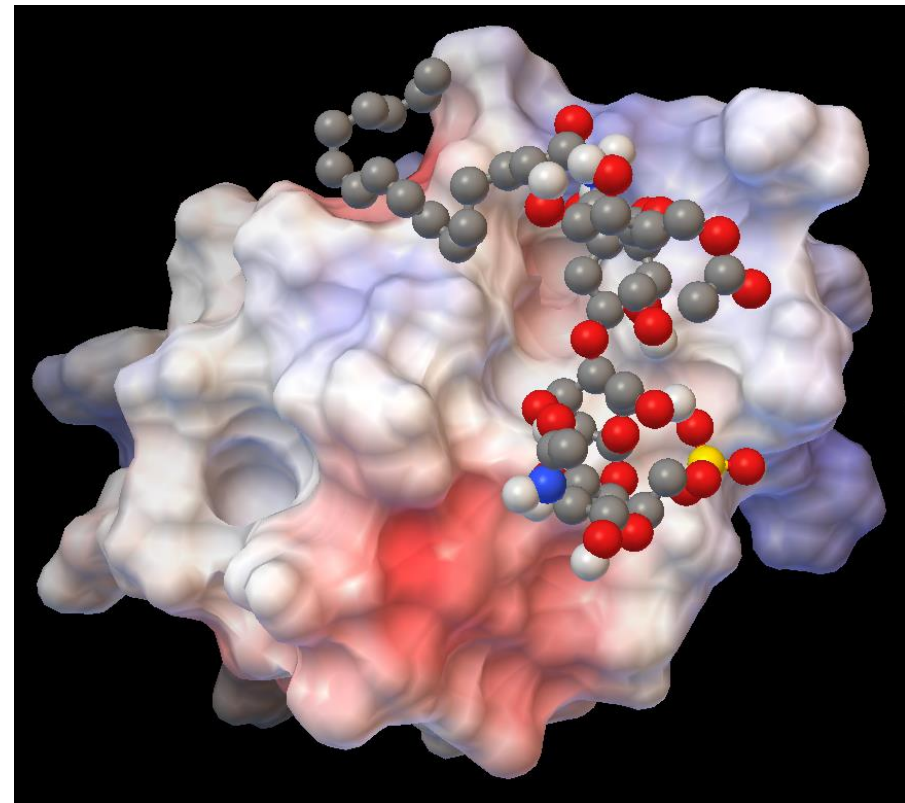
Сигналы,
комплементарные
рецепторам хозяина

Новые МРС с комплексом полезных свойств

Сигналинг между бактериями и растениями позволяет специфически формировать МРС

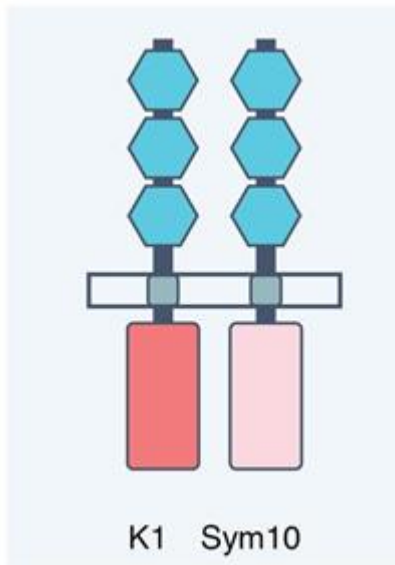


Симбионт опознан



Сигнал отклонен

Получение растений томата, содержащих рецепторы бобовых растений к сигнальным молекулам ризобий - путь к растений нового типа



Рецепторы K1 и Sym10 контролируют узнавание сигнальных молекул ризобий и заражение растений гороха ризобиями



Горох *PsK1*, *PsSYM10*



Томаты *pEXT1::PsK1* + *pEXT1::PsSYM10*,
pEXT1 – промотор гена томата *EXT1*

Секвенирование генома гороха посевного с использованием технологии третьего поколения Oxford Nanopore



MinION MK1B



Результат сборки: N50 ~ 2.5 Mb

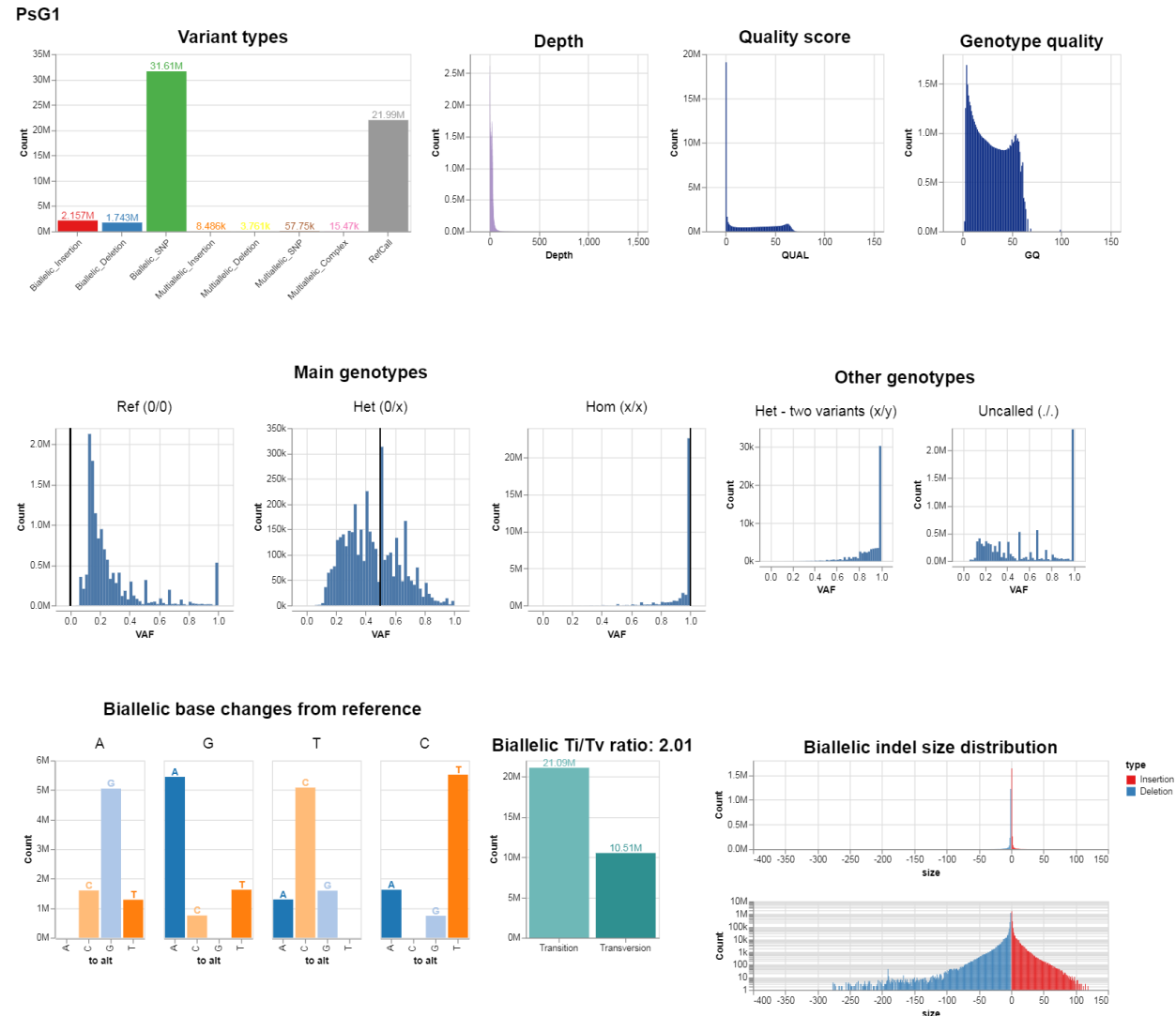
(более 50% всех контигов – длиннее 2,5 миллионов пар оснований)

Размер собранного генома – 3,8 Гб. Полнота сборки (оценена программой BUSCO) - 97.8%

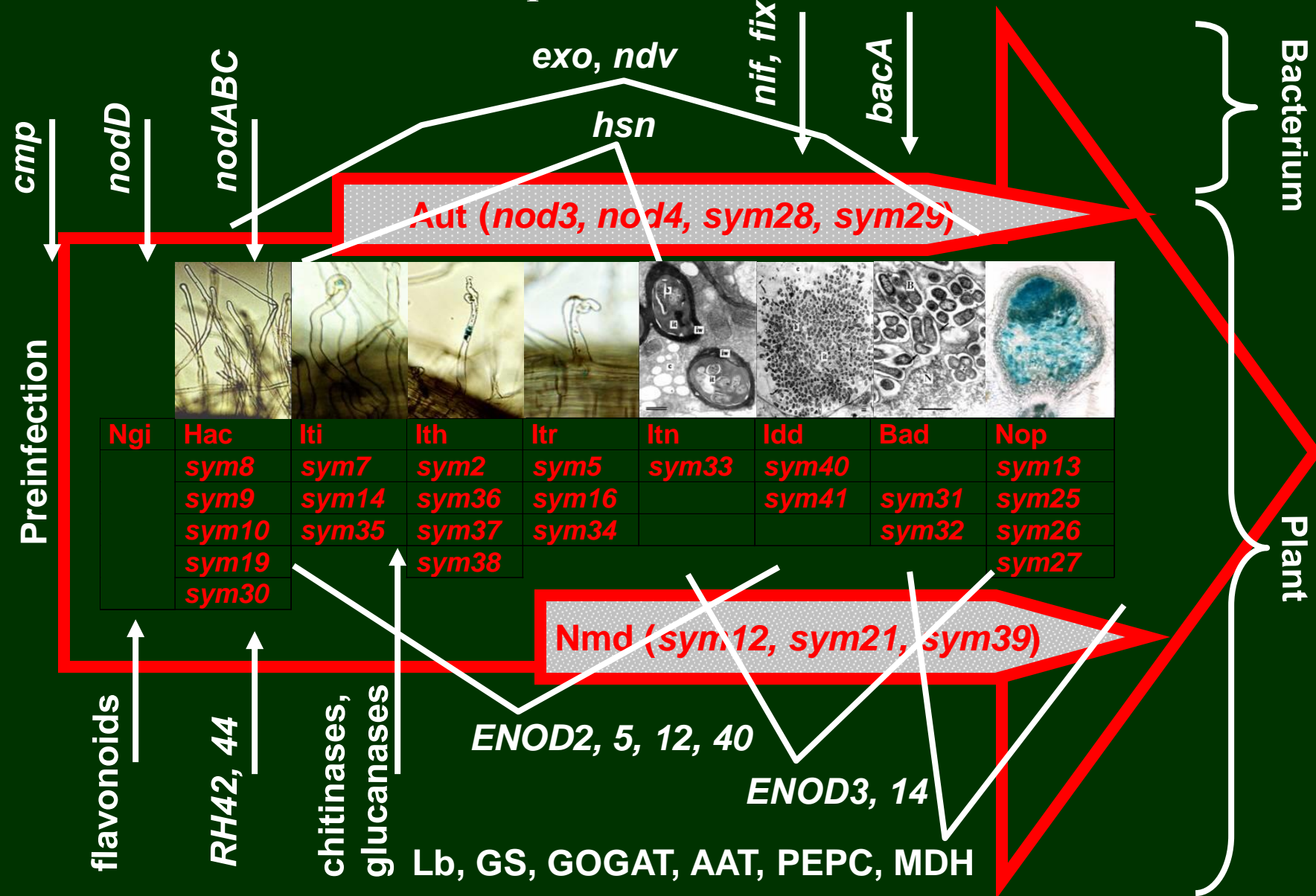
Количество уникальных генов ~ 28 000 (учитывая изоформы - 63555 (Afonin et al., 2020)).

Референсный геном сорта Frisson используется как основа для сборки геномов других сортов и генетических линий гороха

1. Поиск мутаций в симбиотических генах гороха.
2. Изучение полиморфизма генов гороха.
3. Изучение уникальных особенностей генома диких разновидностей гороха.
4. Генетическое картирование локусов количественных признаков (QTL).



Разграничение симбиогенеза на стадии в соответствии с их генетическим контролем – всего 50 генов



Роль CLE-пептидов в формировании хозяйственно значимых признаков растений позволит регулировать показатели урожая

1.



Формирование
запасяющих
органов



CLE41-like:

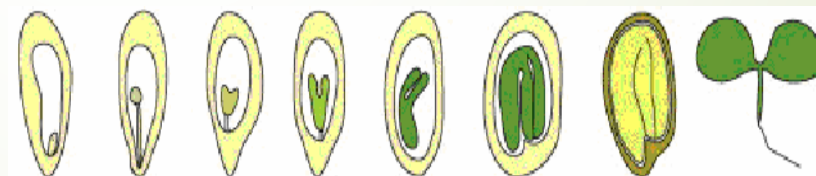
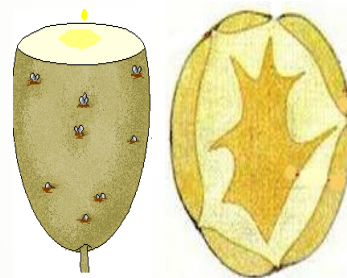
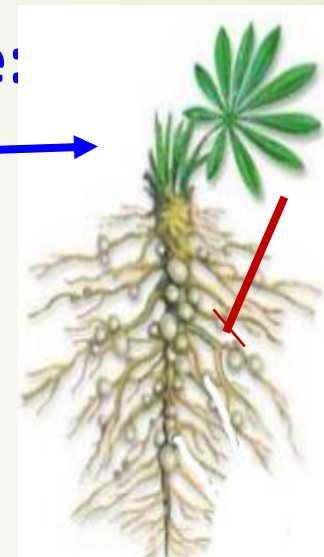
- Залладка камбия
- Рост утолщением



Формирование
аномальных
разрастаний при
патогенезе

CLE1-7-like:

1. Авторегуляция клубенькообразования:



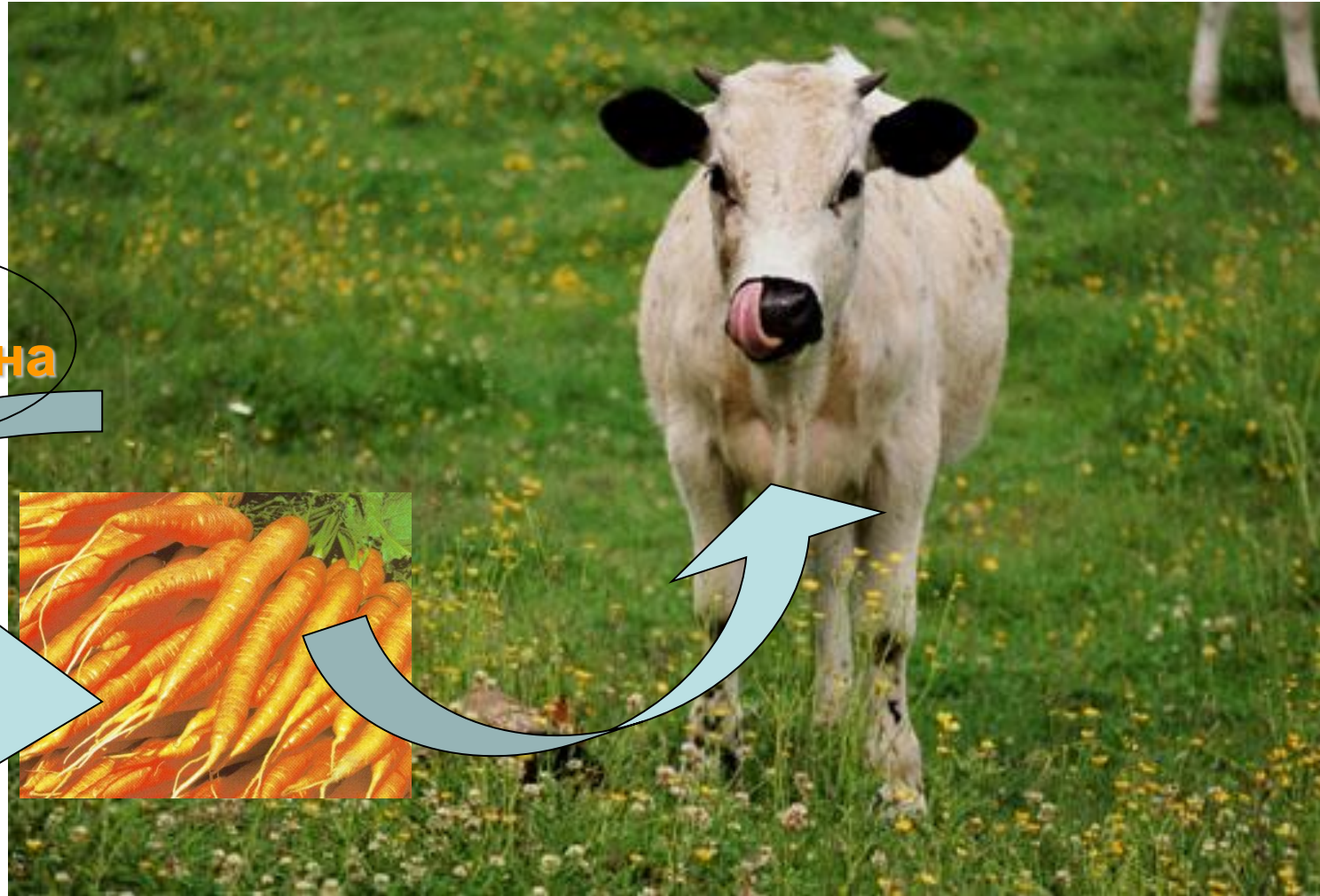
CLE8-like:



Ранние этапы
эмбрионального развития

- Синтез в растениях чужеродных белков медицинского назначения

Ген
интерферона





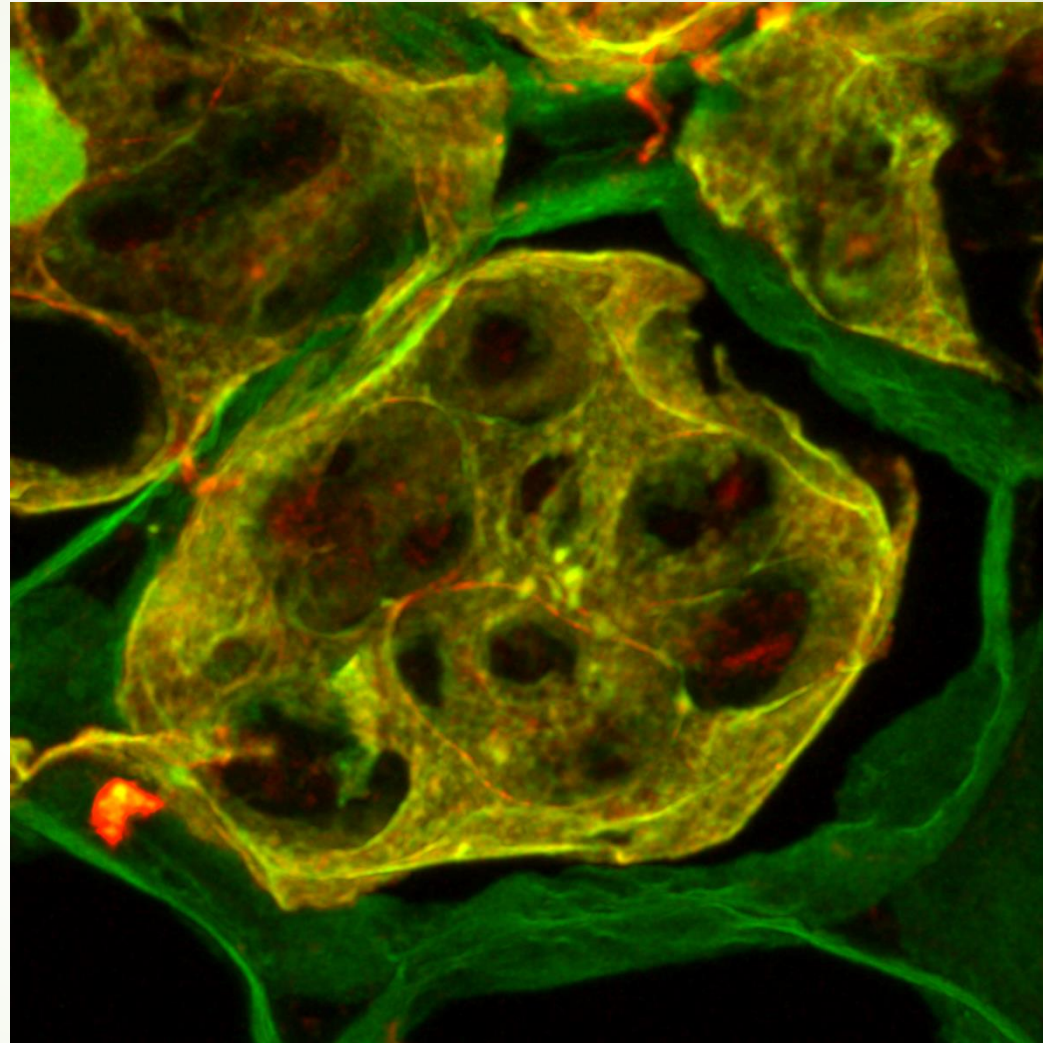
Изучение горизонтального переноса генов от агробактерий к растениям

Необходимость корректировки законодательства –
юридическая поддержка



Запасные белки формируют амилоидные агрегаты в семенах растений

- Амилоиды запасных белков разбираются при прорастании семян, поэтому семена следует замачивать перед употреблением в пищу.
- Создание новых сортов с заблокированным амилоидогенезом запасных белков представляет перспективную стратегию для существенного повышения пищевой ценности семян растений.



Колокализация сигналов амилоид-специфичного красителя Тиофлавин-Т (зеленый) и антител против вицилина (красный) на срезах семян горох (желтый цвет означает полную колокализацию).

Antonets et al. 2020, препринт статьи доступен на bioRxiv.

АГРОТЕХ кластер СПб – перспектива для города

Объединение научного, образовательного и промышленного потенциала вокруг использования биоресурсов

Развитие прямого взаимодействия с другими приоритетами Санкт-Петербурга - промышленность, ИТ, здоровье, туризм, Арктика и т.п.

Включение в территориальные планы и программы развития СПб

Учет в существующих программах поддержки

Лоббирование приоритета на федеральном уровне

Потенциал Санкт-Петербурга в области с/х науки, образования и технологий

Концентрация ведущих НИИ:

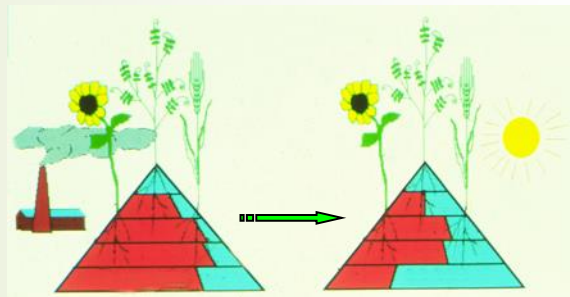
ВИР, ВИЗР, ВНИИСХМБ,
ВНИГРЖ, ВИМ, МеханОбр,
БИН РАН, ЗИН РАН, ИЭМ РАН
и др. (значительная часть с/х
НИИ сконцентрированы в г.
Пушкин)

**Разнообразие индустрий от
производства продуктов
питания и переработки с/х
сырья до ИТ технологий**

Потребности агломерации в 5+ миллионов человек

Приборостроение, ИТ и инжиниринг

Машины для растениеводства и животноводства, программно-аппаратные комплексы для мониторинга и обработки полей, вертикальные умные фермы, технологические комплексы «Интеллектуальная агросистема»; безотходные технологии растениеводства



Технологии когнитивного фенотипирования культур на основе искусственного интеллекта для тепличных хозяйств нового поколения, технологии адаптивного земледелия

Системы управления генетическими ресурсами, моделирования селекции, неинвазивного контроля качества семенного и племенного материала и продукции



Создание новых материалов в с использованием природоподобных технологий

Спасибо за внимание!

