

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ

КАФЕДРА ГЕНЕТИКИ

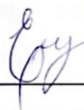
Специальность: 06.03.01 – биология

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ОСОБЕННОСТИ ГЕНОМНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ФИТОПАТОГЕНА
PUCCINIA STRIIFORMIS

Работа завершена:

« 6 » 06 2023 г.




(Е. Д. Кабаева)

Работа допущена к защите:

Научный руководитель:

к.б.н., старший преподаватель

« 6 » 06 2023 г.



(В. В. Костенко)

Заведующий кафедрой

д.б.н., доцент

« 6 » 06 2023 г.



(А. Р. Каюмов)

Казань – 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	8
1.1 Ржавчина пшеницы (<i>Puccinia</i>)	8
1.1.1 Морфология ржавчинных грибов пшеницы.....	8
1.2 Листовая (бурая) ржавчина пшеницы <i>Puccinia recondita f. sp. tritici</i>	9
1.2.1 Поражение пшеницы <i>Puccinia recondita f. sp. tritici</i> (Pt)	10
1.2.2 Генетика отношений в системе хозяин-паразит	11
1.3 Полосатая (желтая) ржавчина пшеницы <i>Puccinia striiformis f. sp. tritici</i> (Pst).....	13
1.4 Стеблевая (линейная) ржавчина пшеницы <i>Puccinia graminis f. sp. tritici</i> (Pgt)	15
1.5 Распознавание и защита грибковых фитопатогенов растениями.....	17
1.5.1 Распознавание грибковых патогенов растениями	17
1.5.2 Распознавание грибковых паттернов патогенности	17
1.5.3 Распознавание эффекторов вирулентности грибов	19
1.5.4 Резистентность как реакция хозяина на грибковые эффекторы	20
1.5.5 Рецепторы поверхности клеток <i>Triticeae</i> , которые опосредуют базальный иммунитет к грибковым паразитам.....	21
1.5.6 Продукты гена устойчивости <i>Triticeae</i> (R) как датчики грибковой инвазии	22
1.6 Секвенирование геномов ржавчины (<i>Puccinia</i>).....	23
1.6.1 Роль транспозлируемых элементов (TEs) в геноме биотрофных патогенов	24
1.6.2 Клонирование и функциональная характеристика генов авирулентности.....	25
1.6.3 Разработка молекулярных маркеров для генетических популяционных исследований ржавчинных грибов.....	26
Заключение.....	27
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	28
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	28
2.1 Объект анализа.....	28

2.3 Анализ секретома <i>P. striiformis</i>	29
2.4 Идентификация повторяющихся элементов в геномах <i>P. striiformis</i>	29
2.5 SNP-анализ	30
2.4 Анализ филогенетических деревьев на основе аминокислотной последовательности β -тубулина, кетопантоатредуктазы, скваленмонооксигеназы	30
3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	32
3.1. Идентификация SNP и InDels в геномах <i>P. striiformis</i>	32
3.2 Повторяющиеся последовательности в изолятах Pst	33
3.3 Секретом и эффекторные гены в изолятах Pst	34
3.4 Анализ филогенетического дерева на основе аминокислотной последовательности β -тубулина (ABV49162)	36
ВЫВОДЫ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	43

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ПЦР – полимеразная цепная реакция
- SNP – однонуклеотидный полиморфизм
- InDel – тип генетической мутации
- Pt – *Puccinia triticina*
- Pgt – *Puccinia graminis f. sp. tritici*
- Pst – *Puccinia striiformis f. sp. tritici*
- R – гены резистентности
- Avr – гены авирулентности
- M/PAMP – молекулярные паттерны, ассоциированные с микробами или патогенами
- RLK – рецепторные киназы
- RLP – рецептороподобные белки
- PRR – рецепторы распознавания паттернов
- NLR – R-белки клеточной поверхности
- PTI – паттерн-триггерным иммунитетом
- ETI – эффекторно-активированный иммунитет
- pH – водородный показатель
- TE – транспозируемые элементы
- LTR – длинные концевые повторы

ВВЕДЕНИЕ

Рацион питания в мире составляет около 93% растений. Среди этих растений злаки составляют 2/3 всего продовольствия. Пшеница, кукуруза и рис составляют около 80% от общего объема мирового производства зерновых. Пшеница (*Triticum aestivum L.*) занимает ведущее место в мире как растение, зерно которого используется в качестве основного продукта питания более чем одной третью населения мира. Это основной источник калорий, а также потребления белка, как для людей, так и для домашнего скота. Современное сельское хозяйство сталкивается с серьезными проблемами, связанными с биотическими и абиотическими стрессами, которые ставят под угрозу продовольственную безопасность и устойчивое агропромышленное развитие.

Среди различных видов биотических стрессов патогенные грибы являются наиболее разрушительными, вызывающими большинство болезней растений. Пшеница является хозяином для различных грибковых патогенов, которые вызывают инфекцию на разных стадиях развития растения; к таким патогенам относятся ржавчинные грибы [Shafqat *et al.*, 2021]. Ржавчинные грибы хлебной пшеницы (*Triticum aestivum L.*) вызывают такие заболевания, как листовая ржавчина (вызываемая *Puccinia recondita*), желтая ржавчина (*Puccinia striiformis*) и стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis*) [Simon *et al.*, 2021]. Из-за этих видов ржавчины потери зерна пшеницы могут достигать от 30 до 100% что представляет глобальную угрозу для производства пшеницы [Chen, 2005].

Фитопатоген *P. striiformis* – возбудитель желтой (полосатой) ржавчины – поражает больше 20 разнообразных видов злаковых растений (пшеница, рожь, ячмень и др.). Инфекция в основном обнаруживается по морфологическим изменениям на листьях, листовых влагалищах, колосковых чешуйках и иногда на стеблях. Характерной особенностью данного

фитопатогена является его развитие в температурном режиме от 2 до 15°C при повышенной влажности воздуха.

Не так давно заболевание во всем мире считалось региональным, но с 2000-х годов у возбудителя расширился ареал (Западная Европа, Центральная и Восточная Азия, Африка, Северная Америка и Австралия), а также возросла его вирулентность за счет появления агрессивных изолятов, способных адаптироваться к высоким температурам. Для сельского хозяйства Российской Федерации серьезную угрозу представляет близкое к границам распространение высокопатогенных изолятов, выявленных на территории Украины и Казахстана. Так, систематическое появление желтой ржавчины отмечается в Краснодаре, Ставрополе, Ростове, Дербенте, Пушкине, а также в последние два года в некоторых районах Республики Татарстан.

На сегодняшний день, к сожалению, отсутствуют данные полногеномного анализа изолятов желтой ржавчины, выявленных на территории России. Однако, такие исследования являются важными по нескольким критериям: (i) для понимания молекулярных паттернов развития вирулентности и патогенности у *P. striiformis*, (ii) для производства генетически устойчивых сортов пшеницы, (iii) для разработки диагностических ПЦР-панелей для выявления фитопатогена на ранних этапах инфицирования (поскольку определение патогена в тканях больного растения является важным средством оценки степени восприимчивости хозяина и дает важную информацию для программ селекции устойчивости растений), (iv) для разработки методов борьбы с инфекцией.

Поэтому **целью** работы являлось определить особенности организации генома фитопатогена *P. striiformis*, вызывающего желтую ржавчину у пшеницы.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- 1) Проанализировать, согласно данным литературы, геномы изолятов *P. striiformiis* в отношении генов патогенности;
- 2) Провести, согласно данным литературы, сравнительный анализ геномов *P. striiformiis* в отношении повторяющихся последовательностей;
- 3) Сравнить, согласно данным литературы, геномы изолятов *P. striiformiis* в отношении SNP и InDel мутаций;
- 4) Проанализировать на основании филогенетического анализа возможность использования генов β -тубулина, кетопантоатредуктазы и скваленмонооксигеназы в качестве потенциальных ДНК-маркеров видоспецифичного определения ржавчинных грибов.

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.СТРУКТУРА

Автор работы: Кабаева Екатерина Дмитриевна
Самоцитирование
рассчитано для: Кабаева Екатерина Дмитриевна
Название работы: Особенности геномной организации фитопатогена *Puccinia striiformis*
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение:

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	5.3%	СОВПАДЕНИЯ	5.3%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	94.7%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	94.7%
ЦИТИРОВАНИЯ	0%	ЦИТИРОВАНИЯ	0%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 29.05.2023

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 29.05.2023 12:53

Структура документа:
Модули поиска:

Проверенные разделы: основная часть с.1-29

ИПС Адилет; Библиография; Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс*; Сводная коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu); Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования издательства Wiley; eLIBRARY RU; СПС ГАРАНТ: аналитика; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Модуль поиска "КПФУ"; Медицина; Диссертации НББ; Коллекция НБУ; Перефразирование по eLIBRARY RU; Перефразирование по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирование по Интернету; Перефразирование по Интернету (EN); Перефразирование по коллекции издательства Wiley; Патенты СССР, РФ, СНГ; СМИ России и СНГ; Шаблонные фразы; Кольцо вузов; Издательство Wiley; Переводные заимствования

Работу проверил: Каюмов Айрат Рашитович
ФИО проверяющего

Дата подписи:



Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.