Чивыркуйского залива сходна по экологическому и биоморфологическому спектрам с флорой окружающих горных массивов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-45-030026".

1. Аненхонов О.А., Пыхалова Т.Д. Конспект флоры сосудистых растений Забайкальского национального парка. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2010. 228 с.
2. Бойков, Т. Г. Флора Забайкальского природного национального парка / Т. Г. Бойков, О. А. Аненхонов, Т. Д. Пыхалова [и др.]. – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1991. – 138 с.
3. Геосистемы контакта тайги и степи (юг Центральной Сибири). —Новосибирск: Наука, 1991. - 217 с.
4. Дулепова Б. И. Степи горной лесостепи Даурии. - Иркутск, 1985. - 87 с.
5. Дулепова Б. И. Экобиоморфы степных растений Даурии//флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья. Межвуз. сб. науч. ст. - Иркутск: Ирк. гос. пед. ин-т, 1984. - С.3-19.
6. Куминова А.В. Растительный покров Алтая. - Новосибирск: РИО АН СССР. - 1960.-450 с.
7. Ламакин В. В. Неотектоника Байкальской впадины. Москва: Наука, 1968. 247 с.
8. Малышев Л.И., Пешкова Г.А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984.-265 с.
9. Мац В.Д. Байкальские террасы низкого комплекса // Природа Байкала. Л., 1974. С.31-57.
10. Моложников В.Н. Чивыркуйское семиостровье и полуостров Святой Нос // Природа Байкала. — Л., 1974. — С. 257-271.
11. Намзалов Б.Б. Степи Южной Сибири. - Новосибирск, Улан-Удэ, 1994.- 309с.
12. Серебряков И. Г. Жизненные формы растений и их изучение//Полевая геоботаника, Т 3. - М.: Л.: Наука, 1964. - С. 146-205.
13. Флора Сибири. В 14 томах Авторы: Кашина Л. И., Красноборов И. М., Шауло Д. Н., и др. Под ред.: И. М. Красноборова, Л. И. Малышева, Г. А. Пешковой, и др. Издательство: Новосибирск, «Наука». Сибирское отделение, 1988 – 2003
14. Юрцев Ю.А., Камелин Р.В. Основные понятия и термины флористики - Пермь: Пермск. ун-т, 1991. - 81 с.

Гринько Н.Н.

Генофонд *Lactuca sativa* ВИР как источник устойчивости к фузариозному увяданию, сопряженной с ценными хозяйственными признаками

*Адлерская опытная станция – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИГРР
им. Н.И.Вавилова (ВИР)
(Россия, Сочи)*

doi: 10.18411/sr-10-02-2019-55

idsp: sciencerussia-10-02-2019-55

Аннотация

Проведен анализ мирового генофонда *Lactuca sativa* L. ВИР по устойчивости к возбудителю фузариозного увядания (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum* J.C. Hubb. & Gerik) и ценным хозяйственным признакам. Доказана сопряженность признаков. Выделено 46 источников устойчивости к фузариозу, представляющих практическую ценность в качестве исходного материала для селекции на иммунитет.

Ключевые слова: генотипы, салат (*Lactuca sativa* L.), болезнь, фузариозное увядание, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum*, источники устойчивости, хозяйственные признаки.

Abstract

The analysis of the global gene pool of *Lactuca sativa* L. VIR for resistance to the causative agent of *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum* J.C. Hubb. & Gerik) and valuable economic characteristics was carried out. Proven contingency signs. 46 sources of resistance to *fusarium* have been identified that are of practical value as a starting material for selection for immunity.

Key words: genotypes, lettuce (*Lactuca sativa* L.), disease, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum*, *Fusarium* wilt, sources of sustainability, economic characteristics.

Введение

К числу биотических факторов, повсеместно лимитирующих товарную и семенную продуктивность культуры салата (*Lactuca sativa* L.), относится фузариозное увядание [8, 9, 10]. Впервые заболевание зафиксировано нами в 2011 г. на образцах из генофонда салатов ВИР, репродуцируемых на экспериментальной базе Адлерской ОС в условиях малообъемной гидропоники [3]. Симптомы фузариоза проявлялись уже в рассаде – округлые серо-коричневые пятна диаметром 1 – 3 мм; некроз жилок и хлороз листовой пластинки. На продольном и поперечном разрезах корневой шейки отмечали сосуды буровато-желтого цвета. Вследствие загнивания корневой системы и некротизации проводящих сосудов стебля, пораженные растения желтели, останавливались в росте и погибали до фазы цветения – стрелкования.

Из инфицированных тканей нами выделен возбудитель, который по культурально-морфологическим признакам, идентифицирован как гриб *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum* J.C. Hubb. & Gerik (1993) [6]. Высокая экологическая адаптивность – развитие в широком диапазоне влажности (70–100%) и температуры (8 – 35°C); длительное сохранение хламидоспорами в торфосубстрате и на растительных остатках; распространение микро – и макроконидиями аэрогенно, с инфицированной водой, семенами, на инструментах, кассетах, одежде и обуви, обеспечивает постоянную циркуляцию паразита в агроценозе салата. Нашими предыдущими исследованиями выделены генотипы, обладающие предельно высокой устойчивостью к патогену [1, 3, 5, 7]. Вместе с тем, наличие в структуре северокавказской популяции четырех дивергирующих морфотипов, между изолятами которых существует полный генетический барьер, позволяет паразиту успешно преодолевать устойчивость генофонда *Lactuca sativa* [2, 6]. Актуальность проблемы снижения вредоносности заболевания предопределяет необходимость постоянного мониторинга развития фузариозного увядания в посадках репродуцируемых генотипов салатов, равно и выделения исходного материала для селекции на иммунитет.

Цель исследований – отбор из генетических ресурсов *Lactuca sativa* ВИР источников устойчивости к *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum* с ценными хозяйственными признаками для селекционных программ на иммунитет. Работа выполнена в рамках государственных заданий ВИР (№ 0662-2018-0003: AAAA-A17-117030910078-3; № 0662-2018-0015: AAAA-A16-116040710369-4).

Материалы и методы

В 2014 – 2018 гг. на экспериментальной базе Адлерской ОС – филиал ВИР в условиях малообъемной гидропоники репродуцировали 179 образцов из коллекции генетических ресурсов салатов (*Lactuca sativa* L.) ВИР (УНУ, регистрационный USU_505851). Полиморфные признаки анализировали у 124 генотипов салатов, исключив размножаемые ранее, равно и образцы с идентичными номерами по каталогу ВИР, различающиеся окраской семян [1, 5, 7]. Для оценки устойчивости к возбудителю фузариозного увядания (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum*) и хозяйственных признаков генотипов использовали стандартные методы [4]. Исходя из значений среднего балла поражения (b_s) образцы группировали как: высокоустойчивые – 0,1...1; средневосприимчивые – 1,1...2; восприимчивые – 2,1...3. Показатели хозяйственных признаков ранжировали в баллах по модифицированным нами шкалам: «диаметр розетки» (см = dr) – 14...24 = 0,1–1; 25...35 = 1,1–2; 36...45 = 2,1–3; «масса розетки/кочана» (г/раст. = mr/k) – 80...100 = 0,1–1; 101...150 = 1,1–2; 151...200 = 2,1–3; «высота семенника» (см = hs) – 50...100 = 0,1–1; 101 ... 150 = 1,1–2; 151...200 = 2,1–3; «продуктивность семян» (г/раст. = ps) – 1...2 = 0,1–1; 2,1...3 = 1,1–2; 3,1...4 = 2,1–3.

Признаки образцов, арифметическим усреднением показателей, преобразовали в индекс хозяйственной полезности (I_{hp} = балл): 0...1 – низкий; 1,1...2,0 – средний; 2,1...3,0 – высокий. Для статистической обработки данных использовали пакеты программ Excel и STATISTICA 8.0.

Результаты и обсуждение

Иммунологический тест образцов. В репродуцируемой коллекции не выявили иммунных к фузариозному увяданию генотипов, что объясняется высоким уровнем полиморфизма паразитических свойств индивидуумов в северокавказской популяции патогена [2, 6]. Установлено значительное внутривидовое и внутрисортное варьирование генотипов ($b_{min-max}=0,37-2,7\pm0,06$; $Cv=47,3\%$) по уровню восприимчивости к паразиту, подтвержденное значимой корреляционной связью ($Cr=0,84\pm0,05$; $P<0,001$) между средним баллом поражения ($b_s=1,53\pm0,05$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,72$) (Рис.1).

Рисунок 1. Распределение генотипов *Lactuca sativa* по показателям восприимчивости к фузариозному увяданию и хозяйственным признакам

Условные обозначения: R – высокоустойчивые, Sv – средневосприимчивые, V – восприимчивые генотипы; b_s – балл поражения; dr – диаметр розетки; mr/k – масса розетки/кочана; hs – высота семенника; ps – продуктивность семян; min – минимум, max – максимум, sr – среднее.

Высокую устойчивость к фузариозному увяданию ($b_s=0,69\pm0,02$; $b_{min-max}=0,37-0,92\pm0,02$), со значимой изменчивостью признака ($Cv=26,2\%$), проявили 46 образцов (Рис.2). Средней восприимчивостью ($b_s=1,67\pm0,04$; $b_{min-max}=1,2-1,9\pm0,04$), с типичным уровнем разнообразия ($Cv=11,7\%$), выделялись 37 генотипов. Максимальной восприимчивостью ($b_s=2,33\pm0,03$; $b_{min-max}=2,1-2,7\pm0,03$), с низкой степенью варьирования ($Cv=7,5\%$), отличался 41 образец.

Хозяйственные признаки генотипов. В исходном материале для селекции на иммунитет, предпочтительно сочетание устойчивости к паразиту с ценными хозяйственными качествами. По признаку «диаметр розетки» (dr) отмечена значимая ($dr_{min-max}=0,41-2,9\pm0,06$; $Cv=44,4\%$) вариабельность генотипов, подтвержденная высокой корреляционной связью ($Cr=0,82\pm0,05$; $P<0,001$) между средним показателем ($dr=1,70\pm0,06$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,76$). Сорта ранжировали по группам с высоким ($dr=2,56\pm0,03$; $dr_{min-max}=2,1-2,9\pm0,03$), средним ($dr=1,56\pm0,05$; $dr_{min-max}=1,03-1,99\pm0,05$) и низким ($dr=0,86\pm0,02$; $dr_{min-max}=0,41-0,99\pm0,02$) значением признака (Рис.1). Предельно высокими показателями ($dr=2,7-2,9\pm0,03$) выделялись сорта – Желтый, кудрявый (к-1120, Германия), Дзенье-вуэ-зюй (к-1274, Китай), Во-сунь (к-1275, Китай), Парникова «Главчарка» (к-1368, Болгария), *Magiola* (к-1437, Голландия), 1185-I-3 (к-1575, Куба), *Crispilla Blanca* вр.к-1086, Испания), Золотой шар (вр.к-2213,

Украина). По признаку «масса розетки/кочана» (mr/k) установлен значимый уровень варьирования образцов ($mr/k_{\min-\max}=0,55-2,98\pm0,07$; $Cv=44,8\%$), обоснованный высокой корреляционной зависимостью ($Cr = 0,84\pm0,04$; $P < 0,001$) между средним показателем ($mr/k = 1,69\pm0,07$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,75$). Генотипы классифицировали по группам с высоким ($mr/k = 2,55\pm0,02$; $mr/k_{\min-\max} = 2,25-2,98\pm0,02$), средним ($mr/k = 1,60\pm0,05$; $mr/k_{\min-\max} = 1,02-1,99\pm0,05$) и низким ($mr/k = 0,80\pm0,02$; $mr/k_{\min-\max} = 0,55-0,99\pm0,02$) показателем признака (Рис.1). Максимальным значением ($mr/k = 2,7-2,98\pm0,02$) отличались генотипы – Фаворитка (к–989, Украина), *Gallega de Inverno* (к–1266, Аргентина), *Dorian* (к–1507, Голландия), *Long Yan Li Ye Yong* (к–2120, Китай), *Ge Lin Sheng Cai* (к–2121, Китай), *Ji Le Wo Ju* (к–2123, Китай), *Prado* (вр.к–1388, Нидерланды), *Wander van Voorburd* (вр.к–1863, Нидерланды). По признаку «высота семенника» (hs) установлена значимая вариабельность генотипов ($hs_{\min-\max} = 0,61-2,81\pm0,07$; $Cv=43,8\%$), доказанная высокой корреляционной связью ($Cr = 0,87\pm0,04$; $P < 0,001$) между средним показателем ($hs=1,68\pm0,07$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,74$) (Рис.1). Сорта дифференцировали по группам с высоким ($hs = 2,53\pm0,03$; $hs_{\min-\max} = 2,03-2,81\pm0,03$), средним ($hs = 1,52\pm0,04$; $hs_{\min-\max} = 1,07-1,93\pm0,04$) и низким ($hs = 0,86\pm0,01$; $hs_{\min-\max} = 0,61-0,98\pm0,01$) показателем признака (Рис.1). Максимальным значением ($hs = 2,7-2,81\pm0,03$) выделялись сорта – *Sucrine* (к–666, Франция), Фаворитка (к–989, Украина), Упрямец желтый (к–991, Россия), *Victoria Freiland (Vorbote Land)* (к–1068, Германия), *Ballon dew Bougival* (к–1362, Дания), Парникова «Главчарка» (к–1368, Болгария), *Magiola* (к–1437, Голландия), *Exclisief* (к–1521, Голландия), *Long Yan Li Ye Yong* (к–2120, Китай), *Girello* (вр. к–1392, Нидерланды), Золотой шар (вр.к–2213, Украина). По признаку «продуктивность семян» (ps) определен существенный уровень изменчивости образцов ($ps_{\min-\max} = 0,39 - 2,84\pm0,07$; $Cv=47,5\%$), обоснованный высокой корреляционной зависимостью ($Cr=0,88\pm0,04$; $P < 0,001$) между средним показателем ($ps=1,61\pm0,07$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,77$) (Рис. 1). Генотипы ранжировали по группам с высоким ($ps=2,52\pm0,03$; $ps_{\min-\max}= 2,05-2,84\pm0,03$), средним ($ps = 1,4\pm0,04$; $ps_{\min-\max} = 1,06-1,83\pm0,04$) и низким ($ps=0,78\pm0,02$; $ps_{\min-\max}=0,39-0,97\pm0,02$) значением признака (Рис.1). Предельно высоким показателем ($ps = 2,7-2,84\pm0,03$) отличались генотипы – *Continuity* (к–1258, Канада), *Oak leaf* (к–1263, США), *Gallega de Inverno* (к–1266, Аргентина), б/н (к–1285, Казахстан), Парникова «Главчарка» (к–1368, Болгария), *Fordhook* (к–1429, США), б/н (к–1463, Турция), *Sonechus* (вр.к–2160, Китай).

Статистическим анализом обоснованы существенные различия генотипов *Lactuca sativa* по анализируемым иммунологическим и хозяйственным признакам: «пораженность фузариозом» (b_s) – «диаметр розетки» (dr) – «масса розетки/кочана» (mr/k) – «высота семенника» (hs) – «продуктивность семян» (ps) ($P < 0,001$; $F_{\Phi}=469,32 - 413,06 - 399,83 - 489,42 - 578,35 > F_{01}= 6,9$).

На основании средних значений признаков: «диаметр розетки» (dr), «масса розетки/кочана» (mr/k), «высота семенника» (hs), «продуктивность семян» (ps), преобразованных в обобщенный индекс хозяйственной полезности (Ihp), подтверждена высокая внутривидовая и внутрисортная изменчивость образцов ($Ihp_s=1,7\pm0,06$; $Ihp_{\min-\max}= 0,68-2,7\pm0,06$; $Cv=43,7\%$). Генотипы классифицировали по группам с высоким ($Ihp_s=2,54\pm0,01$; $Ihp_{\min-\max}= 2,28-2,7\pm0,01$), средним ($Ihp_s = 1,52\pm0,02$; $Ihp_{\min-\max} = 1,3-1,73\pm0,01$) и низким ($Ihp_s = 0,83\pm0,01$; $Ihp_{\min-\max} = 0,68-0,92\pm0,01$) показателем Ihp . Доказано, что обладающие высокой степенью устойчивости к фузариозному увяданию образцы, отличались максимальным значением Ihp (Рис. 2).

Регрессионным анализом установлена высокая положительная корреляционная зависимость средних баллов ценных хозяйственных признаков и отрицательная таковых, включая Ihp , – с поражением генотипов фузариозным увяданием (Табл. 2; Рис. 3).

Рисунок 2. Балл поражения и индекс хозяйственной полезности высокоустойчивых к фузариозному увяданию генотипов *Lactuca sativa*

Условные обозначения: bs – балл поражения; lhp – индекс хозяйственной полезности; наименование и страна происхождения генотипов представлены на Рис. 4.

Рис. 3. Регрессионный анализ связи индекса хозяйственной полезности (lhp) и балла поражения фузариозом (bs) у генотипов *Lactuca sativa*

Таблица 2.
Корреляционные связи средних баллов хозяйственных признаков и восприимчивости к фузариозному увяданию у генотипов *Lactuca sativa*

Показатели, балл	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции, Cr
Диаметр розетки (X)		
Масса розетки/кочана, <i>mr/k</i>	$Y = 0,17 + 0,89X$	$0,89 \pm 0,04$
Высота семенника, <i>hs</i>	$Y = 0,15 + 0,90X$	$0,93 \pm 0,03$
Продуктивность семян, <i>ps</i>	$Y = -0,03 + 0,95X$	$0,94 \pm 0,03$
Масса розетки/кочана (X)		
Высота семенника, <i>hs</i>	$Y = 0,19 + 0,88X$	$0,91 \pm 0,04$
Продуктивность семян, <i>ps</i>	$Y = 0,03 + 0,94X$	$0,92 \pm 0,03$
Высота семенника (X)		
Продуктивность семян, <i>ps</i>	$Y = -0,01 + 0,97X$	$0,92 \pm 0,03$
Балл поражения (X)		

Диаметр розетки, dr	$Y=3,13-0,93X$	$-0,89\pm 0,04$
Масса розетки/кочана, mr/k	$Y=3,15-0,96X$	$-0,92\pm 0,03$
Высота семенника, hs	$Y=3,12-0,94X$	$-0,93\pm 0,03$
Продуктивность семян, ps	$Y=3,09-0,97X$	$-0,91\pm 0,04$

Многомерным кластерным анализом генотипы с высокой устойчивостью к фузариозному увяданию, взаимосвязанной с максимальным показателем I_{hp} , объединены в 2 больших кластера, включающих более мелкие группы (Рис. 4). Для селекционных программ на иммунитет ценность представляют образцы I кластера, сочетающие предельно высокий уровень устойчивости с хозяйственной полезностью – *Amerikanischer* (к–82, Германия), Фаворитка (к–989, Украина), Озима Маслова (к–990, Украина), Австралийский (к–1119, Германия), *Pruhonicu červený* (к–1248, Чехословакия), б/н (к–1285, Казахстан), Парникова «Главчарка» (к–1368, Болгария), Местный (к–1378, Египет), *Fordhook* (к–1429, США), *Magiola* (к–1437, Голландия), б/н (к–1463, Турция), Стеблевой (к–1877, Япония), *Sonechus* (вр.к–2160, Китай).

Рисунок 4. Дендрограмма сходства высокоустойчивых к фузариозному увяданию с ценными хозяйственными признаками генотипов *Lactuca sativa*

Заключение

Таким образом, из мирового генофонда *Lactuca sativa* L. ВИР выделено 46 источников, обладающих высоким уровнем устойчивости к возбудителю фузариозного увядания (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum* J.C. Hubb. & Gerik). Генотипы представляют практический интерес как исходный материал для селекции на

иммунитет, равно и расширения сортимента культуры в условиях Краснодарского края. Семена образцов хранятся в Генетическом банке ВИР.

1. Генетические ресурсы *Lactuca sativa* ВИР: репродукция 2017г. – URL: https://www.facebook.com/nina.grinko/photos_albums#
2. Гибридизация изолятов гриба *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum* URL: https://www.facebook.com/nina.grinko/photos_albums#.
3. Гринько Н.Н., Туренко В.П. Полиморфизм образцов салата из коллекции ВИР по признаку устойчивости к фузариозу// Корневые гнили сельскохозяйственных культур: биология, вредоносность, системы защиты: Матер. межд. науч. - практ. конф. Краснодар, 14–17 апреля 2014 г. /отв. ред. М.И.Зазимко. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – С. 15 – 18.
4. Культурная флора СССР: Листовые овощные растения // Под общ. рук-вом акад. ВАСХНИЛ В.Ф.Дорофеева. – Л.: Агропромиздат, 1988.– Т. XII. – 304с.
5. Национальное достояние России – генофонд рода *Lactuca* L. ВИР – URL: https://www.facebook.com/nina.grinko/photos_albums#
6. Полиморфизм гриба *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum* – URL: https://www.facebook.com/nina.grinko/photos_albums#.
7. Репродукция геноресурсов *Lactuca sativa* L. ВИР_2018 – URL: https://www.facebook.com/nina.grinko/photos_albums#
8. Hubbard J.C., Gerik J.S. A new wilt disease of lettuce incited by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucum* forma specialis nov.// Plant Disease, 1993. – V. 77, № 7. – С. 750–754.
9. Garibaldi A., Gilardi G., Berta F., and Gullino M. L. Temperature and leaf wetness affect the severity of leaf spot on lettuce and wild rocket incited by *Fusarium equiseti*// Phytoparasitica, 2016. – V. 44, № 5. – P. 681–687.
10. Gilardi G., Franco P.S., van Rijswijk P.C.J., Ortu G., Gullino M. L., and Garibaldi A. A new race of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* of lettuce// Plant Pathology, 2017. – V. 66, № 4. – P. 677–688.

Хуснетдинова К.А., Тихонова Е.Н.

Азоспириллы северных болот: особенности метаболизма и стратегии выживания

Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук (Россия, Москва)

doi: 10.18411/sr-10-02-2019-56

idsp: sciencerussia-10-02-2019-56

Аннотация

Из образцов торфа, отобранных из болот Тверской и Московской областей (Россия), выделены 4 штамма бактерий, относящихся к роду *Azospirillum*. Экспериментально показана способность новых изолятов к использованию метанола в качестве единственного источника углерода и энергии. В работе рассматривается возможная стратегия выживания бактерий рода *Azospirillum* в нехарактерных для них условиях кислых олиготрофных болот в отсутствие высших сосудистых растений.

Ключевые слова: *Azospirillum*, болотные экосистемы, метилотрофия, микробные ассоциации.

Abstract

Four bacterial strains belonging to the genus *Azospirillum* were isolated from raised peatlands of the Tver and Moscow regions (Russia). For them, the ability to use methanol as the sole source of carbon and energy has been experimentally shown. The paper discusses a possible survival strategy for bacteria of the genus *Azospirillum* in unusual for them conditions of acid oligotrophic bogs in the absence of higher vascular plants.

Keywords: *Azospirillum*, methylophily, raised bog, microbial associations.