Гринько Н.Н.

**Иммунологическая характеристика генетических ресурсов *Lactuca sativa* L.
мировой коллекции ВИР**

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

doi: 10.18411/lj-12-2019-51

idsp: ljjournal-12-2019-51

Аннотация

Проведен иммунологический скрининг генетических ресурсов салатов (*Lactuca sativa* L.) мировой коллекции ВИР в условиях влажных субтропиков Краснодарского края. Выделены сорта, отличающиеся групповой устойчивостью к возбудителям желтой мозаики (*potivirus Lettuce mosaic virus*), фузариоза (*Fusarium oxysporum f.sp. lactucum* J. C. Hubb. & Gerik), серой гнили (*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.) и антракноза (*Marssonina pannatoniana* (Berl.) Magn.).

Ключевые слова: салат (*Lactuca sativa* L.), иммунитет, устойчивость, болезнь, фитопатогены, желтая мозаика, фузариоз, серая гниль, антракноз.

Abstract

Immunological screening of the genetic resources of lettuce (*Lactuca sativa* L.) of the world collection of VIR in the wet subtropics of the Krasnodar region was carried out. The varieties are distinguished by group resistance to the pathogens of yellow mosaic (*potivirus Lettuce mosaic virus*), fusarium (*Fusarium oxysporum f.sp. lactucum* J. C. Hubb. & Gerik), gray rot (*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.) and anthracnose (*Marssonina pannatoniana* (Berl.) Magn.).

Key words: lettuce (*Lactuca sativa* L.), immunity, resistance, disease, phytopathogens, yellow mosaic, fusarium, gray rot, anthracnose.

Введение

Репродукция, равно и анализ наследственной изменчивости сосредоточенных в мировой коллекции ВИР ценнейших генетических ресурсов культурных видов и диких сородичей рода *Lactuca* L. (УНУ, регистрационный USU_505851), проводится на экспериментальной базе Адлерской опытной станции – филиал ВИР с 2007г. [4, 6, 7]. На всех этапах онтогенеза салаты практически повсеместно поражаются комплексом болезней, существенно снижающих товарные качества, урожайность и семенную продуктивность растений [4, 5, 8, 9]. К числу наиболее вредоносных болезней, эпифитотийно развивающихся на репродуцируемых образцах, относятся: желтая мозаика (*potivirus Lettuce mosaic virus* (LMV), фузариоз (*Fusarium oxysporum f.sp. lactucum* J. C. Hubb. & Gerik), серая гниль (*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.) и антракноз (*Marssonina pannatoniana* (Berl.) Magn.) [1, 2, 7]. Нами выделены сорта, обладающие предельно высокой устойчивостью к вышеперечисленным болезням, сопряженной с ценными фенотипическими признаками [3, 6, 7]. Внутривидовой полиморфизм паразитов по уровню вирулентности, обуславливает необходимость постоянного мониторинга циркуляции их в агроценозе размножаемых дуплетных и новых сортов, с последующим выделением источников устойчивости к заболеваниям.

Цель исследований – характеристика генетических ресурсов *Lactuca sativa* ВИР по уровню восприимчивости к фитопатогенам и отбор исходного материала для селекционных программ на иммунитет. Работа выполнена в рамках государственного задания ВИР № 0662-2019-0003.

Материалы и методы

В 2018 –2019 гг. на экспериментальной базе Адлерской ОС – филиал ВИР в условиях малообъемной гидропоники репродуцировали 170 образцов. Общепринятыми в иммунологии методами оценивали устойчивость 50 генотипов к экономически значимым болезням [5, 7]. В соответствии со средними значениями

баллов поражения (b_s) сорта сгруппировали как: высокоустойчивые – 0,1...1; средневосприимчивые – 1,1...2; восприимчивые – 2,1...3. Полученные экспериментальные данные обрабатывали статистически с использованием пакетов программ Excel и STATISTICA 8.0.

Результаты и обсуждение

Иммунологический скрининг выявил высокий внутривидовой и внутрисортной полиморфизм генотипов салатов по устойчивости к болезням.

Вирус желтой мозаики (*LMV*) провоцировал морфологические модификации розетки листьев (деформацию, скручивание, курчавость, израстание) и генеративной части (редуцирование габитуса, угнетение и задержка ростовых процессов, карликовость) и, как следствие, снижение семенной продуктивности растений [2, 3]. В тестируемой нами коллекции не выявлено иммунных к *LMV* сортов. Доказана значительная ($b_{\min-\max} = 0,37-2,65 \pm 0,09$; $Cv=50,3\%$) изменчивость генотипов по степени чувствительности к вирусу, подтвержденная существенной корреляционной связью ($Cr=0,72 \pm 0,10$; $P < 0,001$) между средним баллом поражения ($b_s=1,30 \pm 0,09$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,65$). В соответствии с показателем b_s сорта дифференцировали по группам: высокоустойчивые ($b_s=0,69 \pm 0,04$; $b_{\min-\max}=0,37-0,91$; $Cv=27,5\%$) – 22 образца, средневосприимчивые ($b_s=1,49 \pm 0,05$; $b_{\min-\max}=1,24-1,7$; $Cv=15,4\%$) – 18 и восприимчивые ($b_s=2,32 \pm 0,06$; $b_{\min-\max}=2,01-2,65$; $Cv=7,5\%$) – 10 (Рис. 1). Высокой устойчивостью обладали сорта: *Amerikanischer* (к-82, Германия), Фаворитка (к-989, Украина), *Australisch* (к-1106, Австрия), Австралийский (к-1119, Германия), *Oak leaf* (к-1263, США), *Gallega de Inverno* (к-1266, Аргентина), Дзеньевуэ-зюй (к-1274, Китай), Во-сунь (к-1275, Китай), б/н (к-1285, Казахстан), *Ballon dew Bougival* (к-1362, Дания), *Magiola* (к-1437, Голландия), Светлана (к-1866, Россия), *Majska Kraljica* (к-1938, Югославия), *All the Year Round* (к-1952, Замбия), *Long Yan Li Ye Yong* (к-2120, Китай), *Ge Lin Sheng Cai* (к-2121, Китай), *Da Yan Lihg Wo Ju* (к-2122, Китай), *Ji Le Wo Ju* (к-2123, Китай), *Kral maje* (к-2134, Чехословакия), *Girello* (вр.к-1392, Нидерланды), Золотой шар (вр.к-2213, Украина), б/н (вр.к-3279, Китай).

Фузариоз (*F.oxysporum f.sp. lactucum*) индуцировал формирование светло-коричневых пятен и хлороз листьев; некрозы корней и сосудов и, как следствие, замедление ростовых процессов, увядание и гибель растений [1, 6, 7]. Иммунных к фузариозу образцов не выделено. Установлена высокая вариабельность сортов ($b_{\min-\max} = 0,35-2,70 \pm 0,10$; $Cv=50,7\%$) по уровню устойчивости к патогену, обоснованная значимой корреляционной зависимостью ($Cr=0,75 \pm 0,09$; $P < 0,001$) между средним баллом поражения ($b_s=1,40 \pm 0,10$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,71$). На основе показателя b_s генотипы классифицировали по группам: высокоустойчивые ($b_s=0,69 \pm 0,03$; $b_{\min-\max}=0,35-0,91$; $Cv=22,5\%$) – 21 сорт, средневосприимчивые ($b_s=1,62 \pm 0,05$; $b_{\min-\max}=1,10-1,95$; $Cv=15,1\%$) – 19 и восприимчивые ($b_s=2,46 \pm 0,07$; $b_{\min-\max}=2,1-2,7$; $Cv=9,0\%$) – 10 (Рис. 1).

Рисунок 1. Градация сортов салатов по уровню устойчивости к болезням

Примечание – I- желтая мозаика, II- фузариоз, III- серая гниль, IV- антракноз; R – высокоустойчивые, Sv – средневосприимчивые, V – восприимчивые сорта; балл поражения: min – минимум, max – максимум, sr – среднее.

Максимально высоким уровнем устойчивости характеризовались образцы: *Amerikanischer* (к-82, Германия), Фаворитка (к-989, Украина), Упрямец желтый (к-991, Россия), Австралийский (к-1119, Германия), Желтый, кудрявый (к-1120, Германия), *Oak leaf* (к-1263, США), *Gallega de Inverno* (к-1266, Аргентина), Во-сунь (к-1275, Китай), б/н (к-1285, Казахстан), *Ballon dew Bougival* (к-1362, Дания), Латук ранний (к-1377, Китай), *Magiola* (к-1437, Голландия), Светлана (к-1866, Россия), *Long Yan Li Ye Yong* (к-2120, Китай), *Ge Lin Sheng Cai* (к-2121, Китай), *Da Yan Lihg Wo Ju* (к-2122, Китай), *Ji Le Wo Ju* (к-2123, Китай), *Kral maje* (к-2134, Чехословакия), *Wander van Voorburd* (вр.к-1863, Нидерланды), Золотой шар (вр.к-2213, Украина), б/н (вр.к-3279, Китай).

Серая гниль (*B. cinerea*) массово поражала в фазы технической спелости и начало стеблевания в особенности салаты кочанной разновидности. Листья и стебли загнивали, вследствие формирования бурых мокнущих пятен с серым пушистым налетом спороношения гриба [6, 7]. Иммунных к серой гнили образцов салата не выделено. Установлен значительный полиморфизм сортов ($b_{min-max} = 0,46-2,9 \pm 0,09$; $Cv=50,8\%$) по степени чувствительности к паразиту, обоснованный существенной корреляционной связью ($Cr=0,76 \pm 0,08$; $P<0,001$) между средним показателем ($b_s = 1,36 \pm 0,09$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,69$). Согласно значениям b_s генотипы ранжировали по группам: высокоустойчивые ($b_s=0,73 \pm 0,04$; $b_{min-max}=0,46-0,92$; $Cv=21,2\%$) – 23 образца, средневосприимчивые ($b_s=1,62 \pm 0,1$; $b_{min-max}=1,2-1,9$; $Cv=13,7\%$) – 19 и восприимчивые ($b_s=2,55 \pm 0,2$; $b_{min-max}=2,1-2,9$; $Cv=28,5\%$) – 8 (Рис. 1). Высокой степенью устойчивости характеризовались сорта: *Amerikanischer* (к-82, Германия), *Reine de Mai* (к-692, Франция), Фаворитка (к-989, Украина), *Australisch* (к-1106, Австрия), Австралийский (к-1119, Германия), *Oak leaf* (к-1263, США), *Gallega de Inverno* (к-1266, Аргентина), Дзенье-вуэ-зюй (к-1274, Китай), Во-сунь (к-1275, Китай), б/н (к-1285, Казахстан), *Ballon dew Bougival* (к-1362, Дания), *Magiola* (к-1437, Голландия), Светлана (к-1866, Россия), *Majska Kraljica* (к-1938, Югославия), *All the Year Round* (к-1952, Замбия), *Long Yan Li Ye Yong* (к-2120, Китай), *Ge Lin Sheng Cai* (к-2121, Китай), *Da Yan Lihg Wo Ju* (к-2122, Китай), *Ji Le Wo Ju* (к-2123, Китай), *Kral maje* (к-2134, Чехословакия), *Wander van Voorburd* (вр.к-1863, Нидерланды), Золотой шар (вр.к-2213, Украина), б/н (вр.к-3279, Китай).

Антракноз (*M. pannatoniana*) активизировал образование сливающихся бурых пятен угловатой, округлой и удлиненной формы с розовато-серым спороношением гриба на листьях, стеблях и цветоносах. Впоследствии пораженная ткань загнивала, растения погибали [7]. Иммунных к антракнозу сортов салата не выделено. Определена существенная изменчивость образцов ($b_{min-max} = 0,35-2,8 \pm 0,09$; $Cv=52,1\%$) по уровню восприимчивости к патогену, обоснованная значимой корреляционной связью ($Cr=0,73 \pm 0,09$; $P<0,001$) между средним значением ($b_s = 1,42 \pm 0,09$) и стандартным отклонением ($\sigma=0,74$). Исходя из показателя b_s , генотипы распределили по группам: высокоустойчивые ($b_s=0,63 \pm 0,04$; $b_{min-max}=0,35-0,99$; $Cv=29,5\%$) – 20 образцов, средневосприимчивые ($b_s=1,59 \pm 0,07$; $b_{min-max}=1,1-1,9$; $Cv=18,2\%$) – 16 и восприимчивые ($b_s=2,34 \pm 0,05$; $b_{min-max}=2,1-2,8$; $Cv=8,9\%$) – 14 (Рис. 1). Высоким уровнем устойчивости выделялись сорта: *Amerikanischer* (к-82, Германия), Фаворитка (к-989, Украина), Упрямец желтый (к-991, Россия), Австралийский (к-1119, Германия), Желтый, кудрявый (к-1120, Германия), *Oak leaf* (к-1263, США), *Gallega de Inverno* (к-1266, Аргентина), Дзенье-вуэ-зюй (к-1274, Китай), Во-сунь (к-1275, Китай), б/н (к-1285, Казахстан), Латук ранний (к-1377, Китай), *Magiola* (к-1437, Голландия), Светлана (к-1866, Россия), *Long Yan Li Ye Yong* (к-2120, Китай), *Ge Lin Sheng Cai* (к-2121, Китай), *Da Yan Lihg Wo Ju* (к-2122, Китай), *Ji Le Wo Ju* (к-2123, Китай), *Kral maje* (к-2134, Чехословакия), Золотой шар (вр.к-2213, Украина), б/н (вр.к-3279, Китай).

Регрессионным анализом, на высоком уровне значимости ($P < 0,001$), доказана высокая положительная корреляционная зависимость между показателями средних баллов поражения сортов салатов болезнями (Табл.).

Таблица

Взаимосвязь средних баллов поражения генотипов салатов болезнями

Показатели	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции, C_r
Балл поражения (X) желтой мозаикой		
Балл поражения фузариозом	$Y = 0,38 + 0,79X$	$0,73 \pm 0,09$
Балл поражения серой гнилью	$Y = 0,28 + 0,76X$	$0,79 \pm 0,08$
Балл поражения антракнозом	$Y = 0,36 + 0,84X$	$0,72 \pm 0,10$
Балл поражения (X) фузариозом		
Балл поражения серой гнилью	$Y = 0,26 + 0,80X$	$0,80 \pm 0,08$
Балл поражения антракнозом	$Y = 0,29 + 0,82X$	$0,77 \pm 0,09$
Балл поражения (X) серой гнилью		
Балл поражения антракнозом	$Y = 0,44 + 0,65 X$	$0,70 \pm 0,10$

Статистически обоснованы значимые различия сортов по устойчивости к болезням – «балл поражения» (b_s): желтая мозаика (*LMV*), фузариоз (*Fusarium oxysporum f.sp. lactucum*), серая гниль (*Botrytis cinerea*), антракноз (*Marssonina pannatoniana*) ($P < 0,001$; $b_s \text{ LMV} - b_s \text{ F. oxysporum f.sp. lactucum} - b_s \text{ B. cinerea} - b_s \text{ M. pannatoniana}$: $F_{\phi} (102,1 - 50,3 - 65,9 - 53,8) > F_{01} (7,31)$).

Проведенные исследования позволили выделить 15 генотипов, обладающих высокой групповой устойчивостью к болезням: *Amerikanischer* (к-82, Германия), *Фаворитка* (к-989, Украина), *Австралийский* (к-1119, Германия), *Oak leaf* (к-1263, США), *Gallega de Inverno* (к-1266, Аргентина), *Во-сунь* (к-1275, Китай), б/н (к-1285, Казахстан), *Magiola* (к-1437, Голландия), *Светлана* (к-1866, Россия), *Long Yan Li Ye Yong* (к-2120, Китай), *Ge Lin Sheng Cai* (к-2121, Китай), *Da Yan Lihg Wo Ju* (к-2122, Китай), *Ji Le Wo Ju* (к-2123, Китай), *Kral maje* (к-2134, Чехословакия), б/н (вр.к-3279, Китай) (Рис. 2).

Рисунок 2. Показатели b_s высокоустойчивых к болезням сортов салатов
Примечание – I- желтая мозаика, II- фузариоз, III- серая гниль, IV- антракноз

Кластерным анализом с арифметическим усреднением показателей средних баллов поражения (b_s) желтой мозаикой, фузариозом, серой гнилью и антракнозом высокоустойчивые образцы дифференцированы по 2 группам (Рис. 3). В первом кластере близким сходством выделялись сорта: *Long Yan Li Ye Yong* (к-2120, Китай) – *Ji Le Wo Ju* (к-2123, Китай), *Da Yan Lihg Wo Ju* (к-2122, Китай) – б/н (вр.к-3279, Китай), а во втором – *Oak leaf* (к-1263, США) – *Во-сунь* (к-1275, Китай), б/н (к-1285, Казахстан) – *Gallega de Inverno* (к-1266, Аргентина).

Рисунок 3. Дендрограмма сходства образцов салатов с групповой устойчивостью к желтой мозаике, фузариозу, серой гнили и антракнозу

Выводы

Таким образом, в условиях влажных субтропиков Краснодарского края выделено 15 генотипов с высокой групповой устойчивостью к желтой мозаике, фузариозу, серой гнили и антракнозу, представляющих практическую ценность для селекционных программ на иммунитет: *Amerikanischer* (к-82, Германия), *Фаворитка* (к-989, Украина), *Австралийский* (к-1119, Германия), *Oak leaf* (к-1263, США), *Gallega de Inverno* (к-1266, Аргентина), *Во-сунь* (к-1275, Китай), *б/н* (к-1285, Казахстан), *Magiola* (к-1437, Голландия), *Светлана* (к-1866, Россия), *Long Yan Li Ye Yong* (к-2120, Китай), *Ge Lin Sheng Cai* (к-2121, Китай), *Da Yan Lihg Wo Ju* (к-2122, Китай), *Ji Le Wo Ju* (к-2123, Китай), *Kral maje* (к-2134, Чехословакия), *б/н* (вр.к-3279, Китай).

1. Гринько Н.Н. Генофонд *Lactuca sativa* ВИР как источник устойчивости к фузариозному увяданию, сопряженной с ценными хозяйственными признаками// Наука России: Цели и задачи/ Сборник научных трудов, по материалам XIII международной науч.-практ. конф. 10 февраля 2019г. – Екатеринбург: НИЦ «Л-Журнал», 2019. – Ч.3. – С. 52–58. / <http://science-russia.ru/doi:10.18411/sr-10-02-2019-55>.
2. Гринько Н.Н. Дифференциация генетических ресурсов *Lactuca sativa* ВИР по устойчивости к *Lettuce mosaic virus* и фенотипическим признакам// Наука и современность 2018: Сб. науч. тр. XXXVII межд. науч.-практ. конф. 29–30 марта 2018г. – М.: Евразийское научное объединение (ЕНО), 2018. – № 3 (37). – Ч. 2. – С.77–81.
3. Гринько Н. Н. О сопряженности между восприимчивостью к вирусу желтой мозаики и фенотипическими признаками у листовой разновидности салата из геноресурсной мировой коллекции ВИР// Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 5. – С. 86 – 90.
4. Идентифицированный генофонд овощных растений// Коллектив авторов. Под ред. В.И.Буренина. СПб.: ВИР, 2007. – Ч. 4. – 70с.
5. Культурная флора СССР: Листовые овощные растения// Под общ. рук-вом акад. ВАСХНИЛ В.Ф.Дорофеева. – Л.: Агропромиздат, 1988. – 304с.
6. Национальное достояние России – генофонд рода *Lactuca* L. ВИР – 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. Maria Esther de N. Fonseca & Kátia R., Brunelli & Mauricio Rossato & Hécio Costa & Leonardo S., Boiteux & Ailton Reis Accepted. Relationships among Brazilian and worldwide isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* race 1 inferred from ribosomal intergenic spacer (IGS-rDNA) region and EF-1 α gene sequences Cléia S. Cabral & Eur. J. Plant Pathol., 2018. – V. 152. – P. 81–94 <https://doi.org/10.1007/s10658-018-1453-4>.
9. Patterson C. L., Grogan R.G. Role of microsclerotia as primary inoculum of *Microdochium panattonianum*, incitant of lettuce anthracnose// Plant Disease. – 1991. – V. 75, № 2. – С. 134–138.