

УДК 635.132:635-152

DOI: 10.36305/0513-1634-2023-146-121-127

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СОРТОПОПУЛЯЦИЙ
МОРКОВИ СТОЛОВОЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К *FUSARIUM* И *ALTERNARIA*****Любовь Михайловна Соколова**

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –
филиал Федерального научного центра овощеводства
140153, Московская обл., Раменский р-н, д. Верея, стр. 500
E-mail: lsokolova74@mail.ru

К настоящему времени выявлено более 10000 видов грибов, ассоциированных с растениями. Убедительным доказательством этого является широкое распространение грибных заболеваний на моркови столовой на всех стадиях развития растений. Сеянцы *Daucus carota* L. поражаются патогенами рода *Fusarium*, вызывающими заболевание, именуемое «чёрной ножкой», которое приводит к гибели заражённых сеянцев. Взрослые растения повреждает бурая пятнистость листьев (возбудитель *Alternaria dauci* (Kühn), Grovers & Skolko), способствующая преждевременному отмиранию ботвы, что затрудняет использование средств механизации при уборке корнеплодов. При высокой степени поражения растений в корнеплодах моркови столовой уменьшается содержание каротина на 24% и сахаров на 31%. Степень распространения альтернариоза к концу вегетации достигает 90-100%. Указанные болезни моркови являются наиболее распространёнными и вредоносными в Российской Федерации и в мире. Создание новых высокопродуктивных, устойчивых к патогенам сортов и гибридов моркови осложняется тем фактом, что признаки устойчивости к грибам родов *Alternaria* и *Fusarium* у моркови столовой контролируются полигенно. Исходя из вышеизложенного целью исследований было: выявить взаимодействие факторов при проведении полевых и лабораторных опытов на сортопопуляциях моркови столовой к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria*. В ходе корреляционного анализа выявлена сопряженность по полевым и лабораторным опытам. Так между ПИФ (*Alternaria dauci*) и ПИФ (*Alternaria radicina*) – ($r=0,69$); ПИФ (*Alternaria dauci*) и ПИФ (*Fusarium*) – ($r=0,65$). При расчете корреляции между лабораторными и полевыми опытами выявлена высокая взаимосвязь между полевым опытом, проводимым на ПИФ (*Alternaria radicina*) и заражением семян моркови столовой фильтрат культуральной жидкостью (микотоксин) в лабораторных условиях – ($r=0,78$). Также высокая взаимосвязь между ПИФ (*Fusarium*) и заражением сеянцев моркови столовой в лабораторных условиях – ($r=0,75$). Выявлена средневосприимчивая группа, сортообразцов моркови столовой, это - 'Витаминная 6', 'Лосиноостровская 13', 'Леандр', 'Нюанс', 'Королева осени', 'Топаз F1', 'Звезда F1', 'Колорит F1', 'Иркут F1'.

Ключевые слова: *Alternaria dauci*, *Alternaria radicina*, *F. oxysporum*, корреляция, морковь столовая, ИИФ – искусственное заражение растений в лабораторных условиях; ПИФ- полевой провокационный инфекционный фон; ЕИФ – естественный инфекционный фон в открытом грунте

Введение

К настоящему времени выявлено более 10000 видов грибов, ассоциированных с растениями, и не удивительно, что грибные болезни наносят большой вред растениям [1]. Убедительным доказательством этого является широкое распространение грибных заболеваний на моркови столовой на всех стадиях развития растений. Сеянцы *Daucus carota* L. поражаются патогенами рода *Fusarium*, вызывающими заболевание, именуемое «чёрной ножкой», которое приводит к гибели заражённых сеянцев [2]. Взрослые растения повреждает бурая пятнистость листьев (возбудитель *Alternaria dauci* (Kühn), Grovers & Skolko), способствующая преждевременному отмиранию ботвы, что затрудняет использование средств механизации при уборке корнеплодов. При высокой степени поражения растений в корнеплодах моркови столовой уменьшается содержание каротина на 24% и сахаров на 31% [3]. Степень распространения альтернариоза к концу

вегетации достигает 90-100%, а развитие болезни - до 15% [4]. Указанные болезни моркови являются наиболее распространёнными и вредоносными в Российской Федерации [5] и в мире [6,7].

Создание новых высокопродуктивных, устойчивых к патогенам сортов и гибридов моркови осложняется тем фактом, что признаки устойчивости к грибам родов *Alternaria* и *Fusarium* у моркови столовой контролируются полигенно [8, 9].

Исходя из вышеизложенного, целью исследований было выявление взаимодействия факторов при проведении полевых и лабораторных опытов на сортопопуляциях моркови столовой к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria*.

Объект исследований - селекционно-семеноводческий процесс моркови столовой.

Методология и методы исследования

Оценку заражённости семян проводили согласно ГОСТ 12044-93 по методике определения заражённости болезнями. Выделение грибных фитопатогенных организмов из почвы и из растительного материала, а также оценку степени агрессивности возбудителей *Fusarium* и *Alternaria* осуществляли согласно «Методам контроля устойчивости моркови столовой к грибным заболеваниям» [10, 11, 13].

Для отбора устойчивых генотипов моркови столовой использовали следующие методы: получения моноспоровой культуры, размножения инфекционного материала для создания инфекционных фонов» [16, 18], искусственного заражения корнеплодных дисков [19], искусственного заражения вегетирующих растений моркови» [8, 12], а также метод создания почвенного искусственного инфекционного фона и искусственного заражения семян [16] и метод оценки растений моркови столовой на фильтрате культуральной жидкости» [9, 20].

Результаты и обсуждение

При оценке моркови столовой лабораторными и полевыми методами по выявлению комплексной устойчивости к наиболее вредоносным патогенам pp *Fusarium* и *Alternaria* необходимо всесторонне исследовать все возможные варианты опытов. Для селекционера очень важно знать о взаимосвязи проводимых опытов, а также при обсуждении корреляционной зависимости, можем говорить, о тесной сопряженности.

Один из важнейших этапов в селекции на иммунитет - процесс оценки исходного и селекционного материала (табл. 1) в условиях провокационного искусственного фона (ПИФ). При проведении лабораторных исследований на первоначальном этапе (ФКЖ, ИИФ), которые не заменяют провокационный фон можно сократить выборку сортообразцов исходного материала по устойчивости или толерантности.

Так, при изучении комплексной оценки устойчивости разными методами (табл. 1) на сортопопуляциях моркови столовой были получены следующие группы устойчивости/толерантности: в III группу, которая характеризуется как средневосприимчивая, вошли сортообразцы: 'Витаминная 6', 'Лосиноостровская 13', 'Леандр', 'Нюанс', 'Королева осени', 'Топаз F1', 'Звезда F1', 'Колорит F1', 'Иркут F1'.

По образцам 'Бирючукская', 'Несравненная' и 'Тайфун' идет разброс по группам устойчивости от II до IV, что наводит нас на дальнейшую селекционную работу по выявлению устойчивых генотипов в сортопопуляциях моркови столовой (табл. 1)

Таблица 1

**Группы устойчивости исходных сортопопуляций моркови столовой
на соответствующих стадиях онтогенеза**

Сортообразцы	Группы устойчивости *(2012-2020 годы)									
	1 год вегетации					2 год вегетации				
	сеянцы <i>A. radicina</i> + <i>A. dauci</i>			листья <i>A. dauci</i>		корнеплод <i>A. radicina</i>			листья <i>A. dauci</i>	
	МкТ	ИИФ	ЕИФ	ПИФ	ЕИФ	ИИФ	ПИФ	ЕИФ	ИИФ	ЕИФ
'Витаминная 6'	III	III	II	III	II	III	II	II	III	III
'Лосиноостровская 13'	II	III	II	III	II	III	II	II	III	II
'Леандр'	III	II	II	III	II	III	II	II	III	II
'Нюанс'	III	III	II	III	II	III	III	II	II	III
'Топаз F1'	III	III	III	II	III	III	III	II	III	II
'Звезда F1'	III	III	II	III	III	III	III	III	III	II
'Королева осени'	III	III	III	II	III	III	III	III	III	III
'Колорит F1'	III	III	II	III	III	II	II	II	III	III
'Иркут F1'	III	III	II	II	III	II	II	II	II	II
'Бирючукская'	IV	III	III	III	IV	IV	II	III	IV	III
'Несравненная'	IV	III	III	III	IV	IV	III	III	III	III
'Тайфун'	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III	IV	IV

Примечание:

II – относительно устойчивые; III-средневосприимчивые; IV- восприимчивые;

МкТ – метод ф.к.ж; ИИФ – искусственное заражение растений в лабораторных условиях;

ПИФ - полевой провокационный инфекционный фон; ЕИФ – естественный инфекционный фон в открытом грунте

Результативность распределения по группам устойчивости в зависимости от проведенных опытов можно проследить на применении корреляционного анализа по проводимым методам (табл. 2). Любым применяемым методом оценки, как бы он не действовал на растение в целом, нельзя изменить генетику моркови столовой, так как данная культура имеет горизонтальную полигенную устойчивость. Изменяющиеся агроклиматические условия среды произрастания моркови столовой на полевой провокационный инфекционный фон (ПИФ) и естественном инфекционном фоне в открытом грунте (ЕИФ) оказывают влияние на инфицированность растений и вызывают вариабельность не только их, но и связей между проводимыми опытами.

Выявление корреляционных связей между опытами играют важную роль в селекции на иммунитет, поскольку гетерозисная селекция сопровождается изменением других, имеющих адаптивных значений. При анализе взаимодействия факторов корреляционных связей между опытами следует учитывать, что чем выше коэффициент корреляции, тем выше взаимосвязь. Малая величина коэффициента корреляции указывает на независимый характер проводимых опытов (табл. 2).

В ходе корреляционного анализа выявлена сопряженность по полевым опытам (рис. 1), так между инфекционным фоном (*A. dauci*) и инфекционный фон (*A. radicina*) – ($r=0,69$); инфекционным фонм (*A. dauci*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) - ($r=0,65$) (рис. 1).

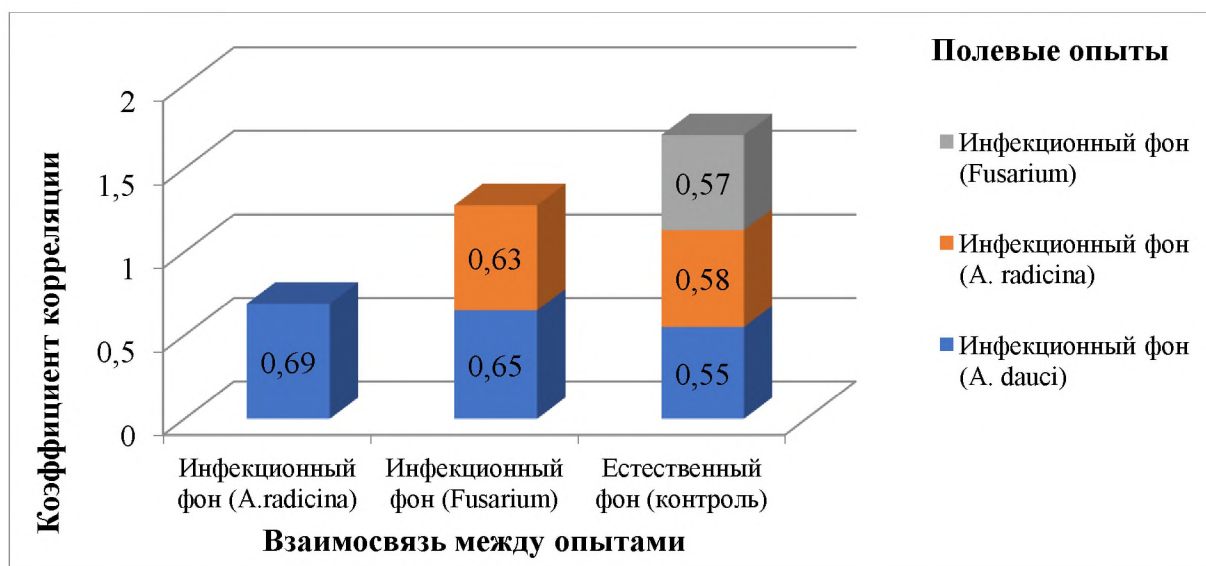


Рис. 1 Корреляционная взаимосвязь факторов между провокационным инфекционным фоном и естественным неконтролируемым фоном

При расчете корреляций между лабораторными и полевыми опытами мы попытались определить, достоверную статистическую обработку данных между двумя или так называемыми «переменными». К примеру, высокая взаимосвязь между полевым опытом, проводимым на провокационном инфекционном фоне (*A. radicina*) и заражением семян моркови столовой фильтрат культуральной жидкостью (микотоксин) в лабораторных условиях – ($r=0,78$), взаимосвязь между инфекционным фоном (*Fusarium*) и заражением в лабораторных условиях сеянцев моркови столовой – ($r=0,75$) (рис. 2).

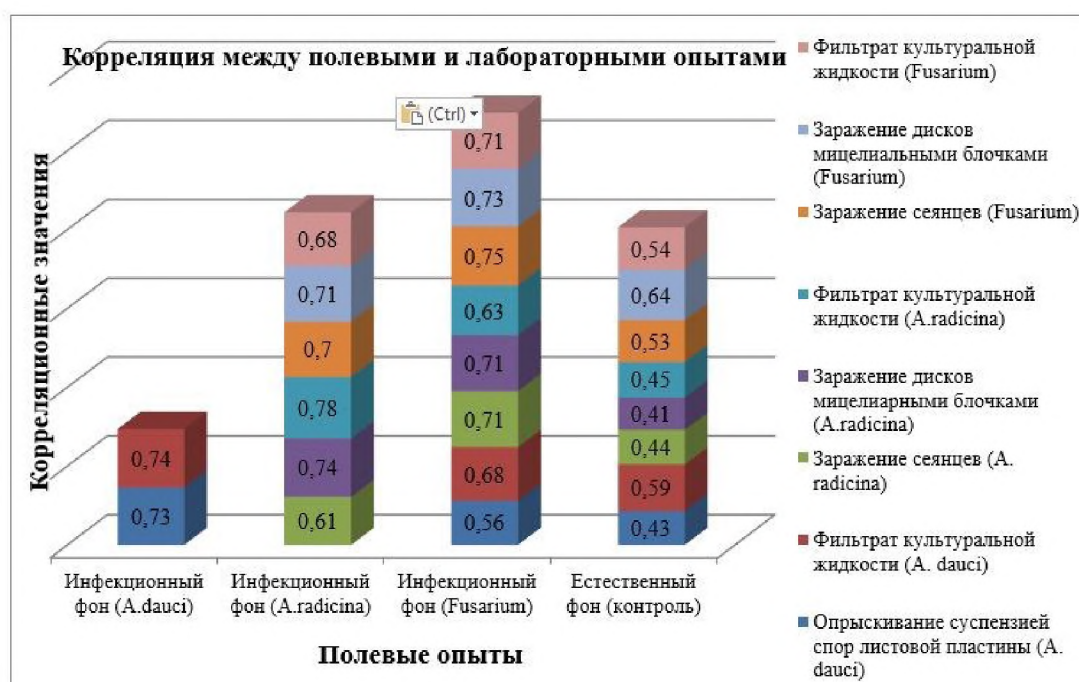


Рис. 2 Корреляционное соотношение факторов между полевыми и лабораторными опытами

Селекционерам и фитопатологам важно понимать, что корреляционная зависимость отражает взаимосвязь между опытами «переменными» и не отражает причинно – следственные связи.

Такие связи (см. рис. 2) можно проследить между: опрыскиванием суспензией спор листовой пластины (*A.dauci*) и инфекционным фоном (*A. dauci*) ($r=0,73$); заражением сеянцев (*A.radicina*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r=0,70$); заражением сеянцев (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*A.radicina*) ($r=0,70$); заражением дисков мицелиальными блочками (*A.radicina*) и инфекционным фоном (*A.radicina*) ($r=0,74$); заражением дисков мицелиальными блочками (*A.radicina*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r=0,71$); заражением дисков мицелиальными блочками (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*A.radicina*) ($r=0,71$); заражением дисков мицелиальными блочками (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r=0,73$); фильтратом культуральной жидкости (*A. dauci*) и Инфекционным фоном (*A. dauci*) ($r=0,74$); фильтратом культуральной жидкости (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r=0,71$).

Выводы

В результате проведенной работы выявлен высокий коэффициент корреляционной зависимости от $r=0,70$ до $r=0,78$ между лабораторными и полевыми опытами по оценке устойчивости/толерантности к патогенам *A. dauci*, *A. radicina* и *F. oxysporum*. Выявлена средневосприимчивая группа, сортов образцов моркови столовой, это - 'Витаминная 6', 'Лосиноостровская 13', 'Леандр', 'Нюанс', 'Королева осени', 'Топаз F1', 'Звезда F1', 'Колорит F1', 'Иркут F1'.

Список литературы

1. Иванюк В.Г., Сидунова Е.В. Бурая пятнистость листьев моркови и пути снижения ее вредоносности. // Овощеводство. Сборник научных трудов Белорусского НИИ овощеводства. – Минск, 1998. – № (10). – С.85-93.
2. Ганнибал Ф.Б., Орина А.С., Левитин М.М. Альтернариозы сельскохозяйственных культур на территории России // Защита и карантин растений. – 2010. – № 5. – С. 30-32.
3. Ахатов А.К., Ганнибал Ф.Б., Мешков Ю.И., Джалилов Ф.С., Чижов В.Н., Игнатов А.Н., Полищук В.П., Шевченко Т.П., Борисов Б.А., Стройков Ю.М., Белошапкина О.О. Болезни и вредители овощных культур и картофеля / Товарищество научных изданий КМК, Москва, 2013. – 463 с.
4. Леунов В.И., Соколова Л.М. и др. Устойчивость моркови к *Alternaria sp* и *Fusarium sp* и факторы на него влияющие // Международная конференция по мировым технологическим трендам в агробизнесе. IOP Conf. Ser.: Земная среда. науч. – 2021. – С.624. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012010.
5. Соколова Л.М. Анализ видового разнообразия грибов из рода *Fusarium*. // Аграрная наука. – 2019. – №1. – С. 118-122.
6. Леунов В.И., Ховрин А.Н., Терешонкова Т.А., Соколова Л.М., Горшкова Н.С., Алексеева К.Л. Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*). Методические рекомендации. – 2011. – 61 с.
7. Назаров П.А., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Соколова Л.М., Каракозова М.В. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений. // Acta Naturae (русскоязычная версия). – 2020. – Т. 2. – №3(46). – С. 46-59. DOI:10.32607/acranaturae.11026.

8. Соколова Л.М. Влияние последовательного отбора на устойчивость моркови столовой к *Fusarium* и *Alternaria* // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2016. – № 12. – С. 356-365.
9. Соколова Л.М. Характеристика изолятов *Alternaria* и *Fusarium*, выделенных с моркови столовой разных эколого-географических зон // Овощи России. – 2016. – № 3(32). – С. 84-91.
10. Соколова Л.М. Методы, контролирующие устойчивость на моркови столовой, и разработка схем селекционного процесса // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №5 (151). – С. 20-26.
11. Соколова Л.М. Выделение и агрессивность возбудителей болезней родов *Fusarium* и *Alternaria* на моркови столовой // Картофель и овощи. – 2018. – № 3. С. 21-24.
12. Соколова Л.М. Отбор генисточников устойчивости моркови столовой к болезням pp. *Fusarium* и *Alternaria* при оценке двумя методами // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (161). – С. 72-77.
13. Соколова Л.М. Анализ видового разнообразия грибов из рода *Fusarium* // Аграрная наука. – 2019. – №1. – С. 118-122.
14. Соколова Л.М. Проявление фузариоза на овощных культурах // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2019. – №2(12). – С. 42-47.
15. Соколова Л.М. Влияние погодных условий на распространенность болезней и устойчивость моркови столовой // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – №4(174). – С. 21-26.
16. Соколова Л.М. Система комплексного применения селекционно – иммунологических методов для создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. Методические рекомендации. – Москва. – 2022. – С.56.
17. Hussain F., Usman F. *Abiotic and Biotic Stress in Plants* // IntechOpen, London, UK, 2019.
18. Nazarov P.A., Baleev D.N., Ivanova M.I., Sokolova L.M., Karakozova M.V. Infectious diseases of plants: etiology, current state, problems and prospects of plant protection // Act of nature. – 2020, vol. 12, 3 (46):46-59. DOI: 10.32607/actanaturae.11026
19. Koutouan C., Le Clerc V., Baltenweck R., Claudel P., Halter D., Hugueney Ph., Hamama L., Suel A., Huet S., Bouvet Merlet M-H., Briard M. Link between carrot leaf secondary metabolites and resistance to *Alternaria dauci* // *Science Reports*. – 2018. – Vol. 8(1). – P.13746. DOI: 10.1038/s41598-018-31700-2]
20. Le Clerc V., Marques S., Suel A., Huet S., Hamama L., Viosine L., Auperpin E., Jourdan M., Barrot L., Prieur R., Briard M. QTL mapping of carrot resistance to leaf blight with connected populations: stability across years and consequences for breeding // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2015. – Vol.128(11). – P. 2177-2187. DOI: 10.1007/s00122-015-2576-z.

Статья поступила в редакцию 27.01.2023 г.

Sokolova L.M. Interaction of factors in assessing the varietal populations of garden carrots for resistance to *Fusarium* and *Alternaria* // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2023. – № 146 – P. 121-127

To date, more than 10,000 species of fungi associated with plants have been identified. A convincing proof of this is the widespread spread of fungal diseases on garden carrots at all stages of plant development. Seedlings of *Daucus carota* L. are affected by pathogens of the genus *Fusarium*, causing a disease called "black leg", which leads to the death of infected seedlings. Adult plants are damaged by brown leaf spotting (pathogen *Alternaria dauci* (Kuhn), Groves & Skolko), which contributes to premature death of the tops, which makes it difficult to use mechanization tools when harvesting root crops. With a high degree of plant damage in the root crops of garden carrots, the content of carotene decreases by 24% and sugars by 31%. The degree of alternariasis spread by the end of the growing season reaches 90-100%. These diseases of carrots are the most common and

harmful in the Russian Federation and in the world. The creation of new highly productive and pathogen-resistant cultivars and hybrids of carrots is complicated by the fact that the signs of resistance to fungi of the genera *Alternaria* and *Fusarium* in garden carrots are controlled polygenically. Based on the above, the objective of the research was: to identify the interaction of factors during field and laboratory experiments on varietal populations of garden carrots to pathogens of the genera *Fusarium* and *Alternaria*. Correlation analysis revealed the conjugacy of field and laboratory experiments. So between mutual fund (*A. dauci*) and mutual fund (*A. radicina*) – ($r=0.69$); Mutual fund (*A. dauci*) and mutual fund (*Fusarium*) – ($r=0.65$). When calculating the correlation between laboratory and field experiments, a high correlation was revealed between the field experiment conducted on the Mutual fund (*A. radicina*) and the infection of carrot seeds with filtrate culture liquid (mycotoxin) in laboratory conditions – ($r=0.78$). There is also a high correlation between the mutual fund (*Fusarium*) and infection of carrot seedlings in the laboratory – ($r=0.75$). A medium-susceptible group of cultivars of garden carrots has been identified, these are Vitamin 6, Losinoostrovskaya 13, Leander, Nuance, Queen of Autumn, Topaz F1, Star F1, Color F1, Irkut F1.

Key words: *A. dauci*, *A. radicina*, *F. oxysporum*, correlation, table carrot, IIF – artificial infection of plants in laboratory conditions; PIF- field provocative infectious background; EIF – natural infectious background in the open ground