

Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Научная статья

УДК 633.854.78:582.284.21

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-3-199-40-45

Реакция разных генотипов подсолнечника на искусственное заражение возбудителем ржавчины *Puccinia helianthi* Schwein. в условиях фитотрона

Нина Михайловна Арасланова

Татьяна Сергеевна Антонова

Светлана Леонидовна Саукова

Мария Вячеславовна Ивевбор

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 275-86-53

araslanova-nina@mail.ru

Аннотация. В связи с разнообразием вирулентных биотипов возбудителя ржавчины, наблюдающимся в последние годы, возникает необходимость проведения скрининга современных генотипов подсолнечника на устойчивость к ним с применением инокулята монопустульного происхождения. Искусственное заражение растений урединиоспорами монопустульных изолятов определённых биотипов возбудителя ржавчины даёт возможность всесторонне изучить реакцию анализируемых генотипов подсолнечника. Известно, что защитные механизмы растений при инвазии патогена проявляются в зависимости от вирулентности паразита, величины инфекционной нагрузки, от условий внешней среды и физиологического состояния растений. А различия в степени поражения и в типе проявления реакции при искусственном заражении растений являются показателями генетической разнородности по признаку устойчивости. Цель работы – разработать шкалу для определения типа реакции растений подсолнечника на искусственное заражение в условиях фитотрона монопустульным спорным инокулятом биотипа *P. helianthi* с кодом вирулентности 700 и оценить возможность её использования для иммунологической характеристики разных генотипов. Разрабо-

танная шкала даёт возможность дифференцировать генотипы подсолнечника по степени поражения и таким образом выявить образцы, отличающиеся своей реакцией от сильнопоражаемых. Приведённые иллюстрации признаков поражения растений упрощают классификацию степени восприимчивости образцов подсолнечника. Выделенные с применением шкалы среднеустойчивые генотипы 1-28, 1-25 и 2-16 могут быть использованы в качестве исходного материала в селекции на устойчивость к ржавчине.

Ключевые слова: подсолнечник, генотип, тип реакции, шкала, возбудитель ржавчины, биотип, инокулят монопустульного происхождения, урединиоспоры

Для цитирования: Арасланова Н.М., Антонова Т.С., Саукова С.Л., Ивевбор М.В. Реакция разных генотипов подсолнечника на искусственное заражение возбудителем ржавчины *Puccinia helianthi* Schwein. в условиях фитотрона // Масличные культуры. 2024. Вып. 3 (199). С. 40–45.

UDC 633.854.78:582.284.21

Reaction of the different sunflower genotypes on artificial inoculation by rust pathogen *Puccinia helianthi* Schwein. in phytotron

Araslanova N.M., leading researcher, PhD in agriculture

Antonova T.S., chief researcher, doctor of biology

Saukova S.L., senior researcher, PhD in biology

Ivebor M.V., leading researcher, PhD in agriculture

V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038 Russia

Tel.: (861) 275-86-53

araslanova-nina@mail.ru

Abstract. In recent years, we can observe the diversity of virulent biotypes of rust pathogen. Therefore, it is necessary to screen the modern sunflower genotypes for resistance to such biotypes using a monopustule inoculant. The artificial inoculation of plants by urediniospores of monopustule isolates of certain rust biotypes enables to study comprehensively reaction of analyzed sunflower genotypes. It is known, that protection mechanism at pathogen invasion depends on a parasite virulence, a volume of an infection level, environmental conditions, and a physiological state of plants. The differences in affection level and a type of reaction under artificial inoculation of plants are markers of genetic heterogeneity by a trait of resistance. The purpose of the work was to develop a scale for determination of a reaction type of sunflower plants under the artificial inoculation by the monopustule spore isolate of *P. helianthi* biotype 700 in phytotron and to estimate a possibility to use it for immuno-

logical characteristics of the different sunflower genotypes. The developed scale can be used for the differentiation of sunflower genotypes by an infection level and then to select samples, which are differed by their reaction from the strongly infected. The presented pictures illustrate symptoms of plant infection and make it easy to classify a level of susceptibility of sunflower samples. Using the scale, we selected the middle resistant 1-28, 1-25, and 2-16, which can be used as initial material in breeding for resistance to rust.

Key words: sunflower, genotype, reaction type, scale, rust pathogen, monopustule inoculant, urediniospores

Введение. Один из основных факторов, снижающих урожай и качество семян подсолнечника, – болезнь. Ржавчина, возбудителем которой является облигатный паразит – базидиальный гриб *Puccinia helianthi* Schwein., известна со времён начала истории культуры подсолнечника. Потери урожая при её развитии в зависимости от степени поражения могут достигать 40 % [1]. Она в очередной раз становится препятствием на пути производства семян главной масличной культуры РФ. По данным Российского сельскохозяйственного центра, в Саратовской, Пензенской, Волгоградской, Ульяновской, Оренбургской областях, Алтайском и Ставропольском краях в 2021 г. наблюдались локальные участки с эпифитотийным развитием болезни [2]. В Волго-Уральском регионе снижение урожайности семян подсолнечника достигало 30 % в зависимости от возделываемых гибридов и их устойчивости к ржавчине [2]. В условиях Краснодарского края в период 2007–2017 гг. отмечалось ежегодное поражение растений сортов подсолнечника возбудителем ржавчины. Распространённость болезни достигала 52 % [3]. Селекция на устойчивость к возбудителю ржавчины *P. helianthi* ведётся с начала XIX века. Первым успехом в результате многолетних отборов в РФ были сорта с низкой степенью поражения и поздним появлением спороношения [4]. В 80-е годы прошлого века был создан селекционный материал, в том числе и сорт Кремний, устойчивый к распростра-

нённой в те годы расе 1 (100 по современной номенклатуре) [5; 6]. Однако со временем в ходе сопряжённой эволюции подсолнечника и возбудителя ржавчины появились новые, более вирулентные биотипы паразита, которые сумели преодолеть действие генов устойчивости возделываемого сортимента. Методы селекции устойчивых к ржавчине сортов подсолнечника в прошлом веке предусматривали использование для искусственного заражения смеси urediniospores полевых изолятов *P. helianthi* из разных регионов [5]. В период 2017–2023 гг. в различных регионах РФ были выявлены 27 новых, различающихся по вирулентности биотипов *P. helianthi*. Среди них биотип с кодовым номером 700, который был обнаружен во всех обследованных регионах и составлял 50 % совокупной выборки изолятов [7]. В связи с разнообразием вирулентных биотипов возбудителя ржавчины, наблюдающимся в последние годы, возникает необходимость корректировать методы оценки устойчивости.

Целью исследования было разработать шкалу для определения типа реакции растений подсолнечника на искусственное заражение в условиях фитотрона монопустульным споровым инокулятом биотипа *P. helianthi* с кодом вирулентности 700 и оценить возможность её использования для иммунологической характеристики разных генотипов.

Материалы и методы. Исследования проводили в лаборатории иммунитета ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. В качестве инокулята для искусственного заражения растений использовали биотип монопустульного происхождения с вирулентным кодом 700 как преобладающий в выборке изолятов. Получение и размножение чистых клонов urediniospores описано нами ранее [8].

Объектом исследования были 10 генотипов подсолнечника разного происхождения, включая контрольный восприимчивый образец. Семена высевали рядами в цветочные ящики вместимостью 6 кг

почвы и помещали в камеру искусственного климата, где растения выращивали при температуре 25 °С днём и 23 °С ночью при 16-часовом фотопериоде до появления второй пары настоящих листьев. Для заражения использовали по 10 растений каждого образца. Инокулят готовили, помещая жизнеспособные урединиоспоры биотипа 700 в воду из расчёта 1 мг на 10 мл воды. С помощью камеры Горяева подсчитывали количество урединиоспор в суспензии. Доводили до оптимальной концентрации 100–110 тыс. в 1 мл воды. Согласно методике, разработанной в 80-е годы прошлого века, такое количество урединиоспор необходимо для 100 % поражения контрольного образца [5]. Полученную суспензию наносили опрыскиванием на поверхность влажных листьев экспериментальных растений. Заражённые растения помещали во влажную камеру на 24 часа при температуре 20 °С. Затем выращивали в прежних климатических условиях. Полив осуществляли ежедневно. Через шесть суток после заражения наблюдали появление первых признаков поражения на листьях. На 10-е сутки от заражения учитывали количество поражённых растений, количество пустул на листьях и классифицировали в соответствии с их реакциями по предложенной нами шкале. Для статистической обработки использовали метод дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова [9].




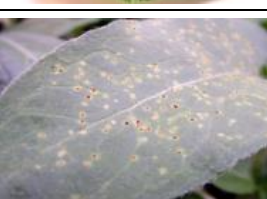



Результаты и обсуждение. Искусственное заражение растений урединиоспорами монопустульных изолятов определённых биотипов даёт возможность всесторонне изучить реакцию анализируемых генотипов подсолнечника. Известно, что защитные механизмы растений при инвазии патогена проявляются в зависимости от вирулентности паразита, величины инфекционной нагрузки, условий внешней среды и физиологического состояния растений. А различия в степени поражения и в типе проявления реакции при искусственном заражении растений являются показателями генетической разнообразности по признаку устойчивости [10].

Первая шкала для определения рас *P. graminis* была составлена Стэкменом и опубликована в 1959 г. [10]. В 1986 г. Yang S.M. et al. применили эту шкалу для идентификации расовой принадлежности *P. helianthi* на подсолнечнике [11], а Gulya and Maširević модифицировали её в 1996 г. [12]. Приводим её для сравнения: 0 – иммунитет, отсутствие урединий; 1 – очень устойчивый, очень маленькие пустулы (0,2 мм), скудно спорулирующие; 2 – устойчивый, небольшие (< 0,4 мм), слабо спорулирующие пустулы; 3 – восприимчивый, пустулы 0,4–0,6 мм в диаметре; 4 – очень восприимчивый, пустулы > 0,6 мм) [12]. Мы разработали шкалу учёта типа реакции растений подсолнечника в фазе двух пар настоящих листьев на 10-е сутки после искусственного заражения возбудителем. От вышеизложенной она отличается тем, что наряду с состоянием урединий и их размером учитывается степень поражения (среднее количество урединий на листе), что даёт возможность дифференцировать восприимчивый и выявлять генетически разнородный материал подсолнечника. Шкала иллюстрирована фотографиями с признаками поражения растений, которые соответствуют приведённым типам реакции (табл. 1).

Все экспериментальные растения изученных генотипов поразились возбудителем ржавчины биотипа 700, но различались между собой по степени поражения (табл. 2).

Образцы 1-28, 1-25 и 2-16 по типу иммунологической реакции оценены как среднеустойчивые. При 100 %-ном поражении растений среднее количество пустул на листе этих образцов составляло 2,7, 7,1 и 7,7 шт. соответственно. Ко времени учёта формировались мелкие урединии с хлоротичным пятном. Генотипы 1-19, 2-11 и 2-18 показали себя как средневосприимчивые. Пустулы размером 0,2 мм со слабой споруляцией, их количество соответствовало баллу 4. Образцы 2-15 и 1-27 поразились со степенью, превышающей поражение контрольного варианта. Они были отнесены к сильно восприимчивым (рисунок).

Шкала иммунологической реакции растений подсолнечника на заражение возбудителем ржавчины *Puccinia helianthi* Schwein.

Балл	Тип реакции растений подсолнечника	Степень поражения листьев подсолнечника после заражения возбудителем ржавчины <i>P. helianthi</i>	Признаки поражения на листьях подсолнечника
0	Иммунный, высокоустойчивый	Отсутствие видимой реакции на заражение	
1	Устойчивый	Пустулы отсутствуют, мелкие, светлые точечные пятна в местах попадания спор на лист	
2	Среднеустойчивый	Мелкие пустулы в количестве до 10, часто без спороношения (не вскрываются)	
3	Слабовосприимчивый	Мелкие и средние пустулы в количестве больше 10, хлоротичные пятна	
4	Средневосприимчивый	Средние отдельные пустулы диаметром 0,2 мм в количестве больше 20 со слабой споруляцией	
5	Восприимчивый	Крупные, бархатистые пустулы диаметром 0,4 мм в количестве от 30 до 40, зрелые урединиоспоры свободно высыпаются, наблюдаются сливающиеся хлоротичные пятна	
6	Сильно восприимчивый	Крупные бархатистые сливающиеся пустулы диаметром 0,6 мм с небольшим хлоротичным пятном или без него, обильно спорулирующие, в количестве больше 40	

Результаты оценки иммунологической реакции растений разных генотипов подсолнечника на искусственную инокуляцию спорами биотипа 700 *Puccinia helianthi* Schwein.

*Генотип, №	Поражено, %	Среднее количество пустул на листе, шт.	Степень поражения, балл	Тип реакции
1-19	100	22,6 ± 5,4	4	Средневосприимчивый
1-20	100	36,7 ± 9,1	5	Восприимчивый
1-25	100	7,7 ± 2,1	2	Среднеустойчивый
1-27	100	44,6 ± 9,4	6	Сильновосприимчивый
1-28	100	2,7 ± 1,4	2	Среднеустойчивый
2-11	100	25,9 ± 9,4	4	Средневосприимчивый
2-15	100	98,3 ± 12,7	6	Сильновосприимчивый
2-16	100	7,1 ± 1,4	2	Среднеустойчивый
2-18	100	25,3 ± 5,6	4	Средневосприимчивый
Контроль	100	59,3 ± 11,5	6	Сильновосприимчивый
НСР ₀₅	20,4			

* обозначение генотипов выбрано произвольно



Рисунок – Поражённые возбудителем ржавчины *Puccinia helianthi* Schwein. (биотип 700) листья растений подсолнечника генотипа 2-15 на 9-е сутки после искусственного заражения (ориг.)

Статистическая обработка полученных данных по количеству пустул на листьях изученных генотипов показала достоверные на 5 %-ном уровне значимости различия между образцами с различными типами реакции.

Разработанная нами шкала даёт возможность в условиях фитотрона дифференцировать генотипы подсолнечника по сте-

пени поражения и, таким образом, выявить образцы, отличающиеся от сильнопоражаемых. Приведённые иллюстрации признаков поражения растений упрощают классификацию степени восприимчивости образцов.

Заключение. Таким образом, проведённые исследования показали, что все растения проанализированных генотипов подсолнечника с разной степенью восприимчивы к биотипу 700 *P. helianthi* при искусственном заражении. Однако иллюстрированная шкала даёт возможность разграничить их по типу реакции и выделить генотипы со слабой степенью поражения. Образцы, выделенные как среднеустойчивые: 1-28, 1-25 и 2-16, могут быть использованы в качестве исходного материала в селекционной работе на устойчивость к ржавчине.

Список литературы

1. Sackston W. Studies on sunflower rust. III. Occurrence, distribution, and significance of races of *Puccinia helianthi* Schwein. // Canadian Journal of Botany. – 1962. – Vol. 40. – P. 1449–1458.
2. Десять самых распространенных болезней подсолнечника: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrotrend.ru/news/18938-10-samyh-rasprostranennyh-bolezney-podsolnechnika> (дата обращения: 26.12.2023).

3. Децына А.А., Терещенко Г.А., Илларионова И.В. Распространенность ржавчины на сортах подсолнечника в условиях Краснодарского края // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 101–106.

4. Пустовойт Г.В., Слюсарь Э.Л. Пути создания устойчивых к ржавчине сортов подсолнечника // Селекция и семеноводство. – М.: Колос, 1982. – С. 9–11.

5. Слюсарь Э.Л. Расы ржавчины подсолнечника // Защита растений. – 1981. – № 11. – С. 42–43.

6. Пустовойт В.С. Межвидовые ржавчиноустойчивые гибриды подсолнечника // Тезисы докладов совещания по отдалённой гибридизации растений и животных. – М., 1958. – Вып. 2. – С. 24.

7. Арасланова Н.М., Антонова Т.С., Саукова С.Л., Ивебор М.В. Разнообразие биотипов возбудителя ржавчины подсолнечника в регионах Российской Федерации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – № 24 (5). – С. 792–798. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.792-798.

8. Арасланова Н.М., Антонова Т.С., Саукова С.Л., Ивебор М.В., Путинова Ю.В. К искусственному заражению растений подсолнечника современными патотипами возбудителя ржавчины для использования в селекции на иммунитет // Масличные культуры. – 2021. – № 3 (187). – С. 58–64.

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). – М.: Агропромиздат, 1988. – 352 с.

10. Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. – М.: Колос, 1978. – 206 с.

11. Yang S.M., Antonelli E.E., Luciano H., Lucinai N.D. Argentine and Australian sunflower rust differentials to four North American cultures of *Puccinia helianthi* from North Dakota // Plant Disease. – 1986. – Vol. 70. – P. 883–886.

12. Gulya T.J., Maširević S. Inoculation and evaluation methods for sunflower rust // Proc. of 18th Sunflower Research Workshop. – Bismarck, ND, 1996. – P. 31–38.

References

1. Sackston W. Studies on sunflower rust. III. Occurrence, distribution, and significance of races of *Puccinia helianthi* Schwein. // Canadian Journal of Botany. – 1962. – Vol. 40. – P. 1449–1458.

2. Desyat' samykh rasprostrannyykh bolezney podsolnechnika: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agrotrend.ru/news/18938-10-samyh-rasprostrannyyh-bolezney-podsolnechnika> (data obrashcheniya: 26.12.2023).

3. Detsyna A.A., Tereshchenko G.A., Illarionova I.V. Rasprostrannost' rzhavchiny na sortakh podsolnechnika v usloviyakh Krasnodarskogo kraya // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 101–106.

4. Pustovoyt G.V., Slyusar' E.L. Puti sozdaniya ustoychivyykh k rzhavchine sortov podsolnechnika // Seleksiya i semenovodstvo. – М.: Kolos, 1982. – С. 9–11.

5. Slyusar' E.L. Rasy rzhavchiny podsolnechnika // Zashchita rasteniy. – 1981. – № 11. – С. 42–43.

6. Pustovoyt V.S. Mezhhvidovye rzhavchinoustoychivye gibridy podsolnechnika // Tezisy dokladov soveshchaniya po otdalennoy gibridizatsii rasteniy i zhivotnykh. – М., 1958. – Вып. 2. – С. 24.

7. Araslanova N.M., Antonova T.S., Saukova S.L., Ivebor M.V. Raznoobrazie biotipov vozбудitelya rzhavchiny podsolnechnika v regionakh Rossiyskoy Federatsii // Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka. – 2023. – № 24 (5). – С. 792–798. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.792-798.

8. Araslanova, N.M., Antonova T.S., Saukova S.L., Ivebor M.V., Pitinova Yu.V. K iskusstvennomu zarazheniyu rasteniy podsolnechnika sovremennymi patotipami vozбудitelya rzhavchiny dlya ispol'zovaniya v seleksii na иммунитет // Maslichnye kul'tury. – 2021. – № 3 (187). – С. 58–64.

9. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki). – М.: Agropromizdat, 1988. – 352 s.

10. Geshle E.E. Osnovy fitopatologicheskoy otsenki v seleksii rasteniy. – М.: Kolos, 1978. – 206 s.

11. Yang, S.M., Antonelli E.E., Luciano H., Lucinai N.D. Argentine and Australian sunflower rust differentials to four North American cultures of *Puccinia helianthi* from North Dakota // Plant Disease. – 1986. – Vol. 70. – P. 883–886.

12. Gulya T.J., Maširević S. Inoculation and evaluation methods for sunflower rust // Proc. of 18th Sunflower Research Workshop. – Bismarck, ND, 1996. – P. 31–38.

Сведения об авторах

Н.М. Арасланова, вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук

Т.С. Антонова, зав. лаб., гл. науч. сотр., д-р биол. наук

С.Л. Саукова, ст. науч. сотр., канд. биол. наук

М.В. Ивебор, вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук

Получено/Received

28.08.2024

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

30.08.2024

Получено после доработки/Manuscript revised

03.09.2024

Принято/Accepted

07.10.2024

Manuscript on-line

30.11.2024