

УДК 635.345:632.4

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К КИЛЕ КРЕСТОЦВЕТНЫХ (*PLASMODIOPHORA BRASSICAE* WOR.) ПРИ СЕЛЕКЦИИ ПЕКИНСКОЙ КАПУСТЫ

Г.Ф. МОНАХОС, Н.С. ТЕРЕНИНА

(Кафедра селекции и семеноводства плодовых и овощных культур)

В потомствах F_1 , F_2 и беккроссов от скрещивания пекинской капусты с лишним турнепса (*Brassica campestris*, var. *rapa* (L.) Thell.) из европейской системы дифференсаторов (ЕСД) изучены особенности наследования устойчивости к киле крестоцветных (*Plasmodiophora brassicae* Wor.). Показано, что у лишней турнепса ЕСД 01, ЕСД 02 и ЕСД 03 она контролируется двумя, а у лишней ЕСД 04 — тремя полимерными доминантными генами, действующими по принципу некумулятивной полимерии. Эти лишние турнепса не поражаются изолятами килы из Республики Татарстан, Московской и Пермской областей и могут быть использованы как генетические источники устойчивости в селекции пекинской капусты.

Пекинская капуста (*Brassica campestris*, var. *pekinensis* (L.) Thell.) благодаря скороспелости, высокой продуктивности, прекрасным вкусовым качествам и высокой питательной ценности стала весьма популярной культурой в России. Вместе с тем среди крестоцветных овощных культур пекинская капуста наиболее сильно поражается килей, вызываемой облигатным биотрофным грибковым паразитом *Plasmodiophora*

brassicae Wor. В последние годы вредоносность этого заболевания заметно возросла. Возможности борьбы с килей ограничены и сводятся главным образом к таким агротехническим приемам, как строгое соблюдение севооборота, выращивание здоровой рассады в обеззараженном субстрате, известкование почвы и использование кальциевых удобрений. До сих пор не созданы фунгициды, эффективные для борьбы с килей в

полевых условиях. Многопольные севообороты часто малоэффективны из-за длительного существования покоящихся спор [3]. Количество спор в почве значительно возрастает из-за засоренности полей крестоцветными сорняками, которые растут на участках и в годы, когда на них не возделываются крестоцветные овощные культуры.

Наиболее надежным средством борьбы с этим опасным заболеванием следует считать селекцию и возделывание устойчивых сортов и гибридов, для чего необходим поиск источников и доноров устойчивости. Устойчивые к киле генотипы у сортов пекинской капусты встречаются крайне редко. Так, в Японии протестировано 118 сортов пекинской капусты и не обнаружено устойчивых растений, пригодных для селекционной работы [7]. Вместе с тем источники высокой устойчивости были найдены в других разновидностях *Brassica campestris*. В селекции устойчивой пекинской капусты использовали сорта турнепса (*Brassica campestris*, var. *gapa* (L.) Thell.), у которых она контролируется доминантно [7]. Оценка 50 сортов и гибридов пекинской капусты инокуляцией 7 патотипами килы, собранными в разных регионах Германии, позволила выявить 7 устойчивых сортов, среди которых гибриды японской селекции фирмы «Takii» — Kohboh, Marguis и Shinki — оказались устойчивыми ко всем патотипам [4].

Анализ научных сообщений по изучению вирулентности различных географических изолятов, проведенных в различных стра-

нах мира, свидетельствуют о том, что очень высокой устойчивостью к киле крестоцветных выделяются линии турнепса из европейской системы дифференциаторов (ЕСД), лишь единичные патотипы способны преодолевать гены устойчивости у линии ЕСД 04 [1, 2, 4, 5, 7]. Устойчивость у линий турнепса в ЕСД-комплексе контролируется тремя независимыми доминантными генами, причем у первых трех линий имеется по два гена, и лишь в генотипе ЕСД 04 собраны все три гена устойчивости. Установлено, что каждый из трех генов отвечает за резистентность против определенных патотипов [6].

Успешное использование этих линий турнепса как источников устойчивости в конкретных селекционных программах требует ее тестирования местными патотипами *Pi.brassicae*. С этой целью нами проведено изучение их устойчивости при заражении географическими изолятами килы и проведен гибридологический анализ устойчивости 4 линий турнепса из ЕСД-комплекса, имеющихся в коллекции селекционной станции ТСХА им. Н.Н. Тимофеева.

Методика

Материалом исследования служили линии турнепса из Европейской системы дифференциаторов (ЕСД 01, ЕСД 02, ЕСД 03, ЕСД 04) и восприимчивая линия пекинской капусты Се3, а также популяции F_1 , F_2 , BC_1^1 , BC_1^2 , полученные от скрещивания линий турнепса с пекинской капустой. Гибридизация линий турнепса с пекинской

капустой проведена в 1995 г. Семена популяций F_2 и беккроссов с родительскими линиями получали в 1996 г. в условиях зимней теплицы. Скрещивание осуществляли опылением материнских растений в бутонах, раскрытых с помощью пинцета. Инбредные потомства с родительских растений получали гейтеногамным опылением вручную вскрытых бутонов.

Посев семян родительских линий и популяций F_1 , F_2 , BC_1^1 и BC_2^2 провели в июне 1996 г. на инфекционном рассадишке по схеме 10 x 3 см. Через 35 дней после появления всходов осуществляли первый анализ устойчивости образцов. Рассаду без симптомов поражения инфицировали обматыванием корневой системы в суспензии спор (концентрация 10^7 спор в 1 мл) и высаживали на инфекционный участок по схеме 70 x 30 см. В октябре провели повторный учет на взрослых растениях, для чего их выкапывали и визуально оценивали степень поражения по 4-бальной шкале: 0 — без поражения, 1 — некрупные галлы на боковых корнях, 2 — сильное поражение боковых корней и слабое поражение главного корня, 3 — сильное поражение главного и боковых корней.

Результаты

В 1995 г. проводили изучение структуры популяции возбудителя килы на инфекционном участке селекционной станции ТСХА им. Н.Н. Тимофеева с применением европейского сорта дифференциаторов. Как доказывают результаты, представленные в табл. 1, реакция сортов-диффе-

ренциаторов на поражение возбудителем килы зависела от генетических особенностей представитель каждой хромосомной группы. В 20-хромосомной группе поражение отмечено лишь у дифференциатора № 05 (пекинская капуста сорта Гранаат). Этот дифференциатор восприимчив ко всем расам, а его 100% поражение свидетельствует о достоверности результатов исследования. Отсутствие пораженных растений у дифференциаторов 01-04 говорит об отсутствии рас *Pl. brassicae* Wogl., поражающих эти линии турнепса.

В 38-хромосомной группе сильное поражение отмечено у дифференциатора № 07, у которого также отсутствуют гены устойчивости. Значительное поражение отмечено также у дифференциатора № 09 (линия ДС 129 из сорта Клабрут резистант). У дифференциатора № 06 (линия ДС 101 из сорта Невин) встречалось небольшое количество пораженных растений. Полную устойчивость проявили линия ДС 128, отобранная из сорта рапса Коммерческий гигант, и линия ДС 130 — сорта брюквы Вильгельмсбургер. Поражение растений-дифференциаторов в этой группе свидетельствует о том, что на инфекционном участке представлены не все гены вирулентности для *Brassica napus*.

В 18-хромосомной группе, где собраны сорта кочанной и листовой капусты, положительная реакция на поражение была у всех дифференциаторов. Учитывая реакцию сортов-дифференциаторов, на инфекционном участке был определен следующий патотип *Pl. brassicae* — 16/11/31.

**Иммунологическая реакция дифференциаторов на расовый состав
возбудителя килы (1995 г., МСХА)**

Вид, гемотип	Линия, сорт	Десятичный индекс образцов	Реакция на заражение	Пораженные растения, %	Средний балл поражения
<i>20-хромосомная группа Brassica campestris L.</i>					
01	Var.rapa aaBBCC	1	—	0	0
02	Var.rapa AAbbCC	2	—	0	0
03	Var.rapa AABBcc	4	—	0	0
04	Var.rapa AABBCC	8	—	0	0
05	Var.pekinensis cv.Granaat	16	+	100	3,0
<i>38-хромосомная группа Brassica napus L.</i>					
06	Var.napus Дс 101	1	+	5	0,01
07	Var.napus Дс 119	2	+	90	1,5
08	Var.napus Дс 128	4	—	0	0
09	Var.napus Дс 129	8	+	58	1,1
10	Var.napobrassicae Дс 130	16	—	0	0
<i>18-хромосомная группа Brassica oleracea L.</i>					
11	Var.capitata cv. Badger Shipper	1	+	100	3,0
12	Var.capitata cv. Bindsachsener	2	+	100	1,5
13	Var.capitata cv. Jersey Queen	4	+	82	1,5
14	Var.capitata cv. Septa	8	+	100	2,3
15	Var.capitata cv. Verheul	16	+	100	2,0

В 1996 г. линии турнепса протестировали изолятами возбудителя килы, собранными в 3 регионах России, где кила распространена на больших площадях и наносит огромный ущерб крестоцветным овощным культурам. Это — Московская и Пермская области, Татарстан.

Результаты этого эксперимента наглядно свидетельствуют о высокой устойчивости всех 4 линий турнепса (табл. 2). Так, при 100% поражении восприимчивого сорта пекинской капусты Гранаат всеми географическими изолятами в линиях турнепса не было обнаружено ни одного инфициро-

ванного растения. Это указывает на отсутствие в исследованных изолятах килы генов вирулентности, способных преодолеть гены устойчивости линий турнепса ЕСД 01, ЕСД 02, ЕСД 03 и ЕСД 04. Поэтому их можно рекомендовать в качестве генетических источников устойчивости при селекции пекинской капусты для указанных выше регионов.

Гибридологический анализ устойчивости линий турнепса (табл. 3) свидетельствует о доминантном характере ее контроля. При этом с высокой долей вероятности можно утверждать, что у линий ЕСД 01, ЕСД 02 и ЕСД 03 устойчивость контролируется двумя, а

Восприимчивость дифференциаторов *Br.campestris* при тестировании различными географическими изолятами килы крестоцветных (Москва, 1996, % пораженных растений)

№ дифференциатора	Вид, линия, сорт, генотип	Происхождение изолятов		
		Москва	Татария	Пермь
01	<i>Br.campestris</i> var. <i>rapa</i>	0	0	0
02	<i>Br.campestris</i> var. <i>rapa</i>	0	0	0
03	<i>Br.campestris</i> var. <i>rapa</i>	0	0	0
04	<i>Br.campestris</i> var. <i>rapa</i>	0	0	0
05	<i>Br.campestris</i> var. <i>pekinensis</i> cv. <i>Granaat</i>	100	100	100

у линии ЕСД 04 — тремя полимерными доминантными генами, действующими по принципу некумулятивной полимерии. Эта элементарная модель генетического контроля предусматривает полную устойчивость растений F_1 и потомства от беккросса устойчивым родителем. Соотношение устойчивых к восприимчивым растениям в F_2 составляет 15:1, а в беккроссе восприимчивым родителем — 3:1. При контроле тремя некумулятивными полимерными доминантными генами это соотношение составляет 63:1 в F_2 и 7:1 в беккроссе восприимчивым родителем.

Полученные нами результаты согласуются с сообщением голландских исследователей [6]. У линий турнепса из ЕСД-комплекта, имеющих в коллекции селекционной станции ТСХА им. Н.Н. Тимофеева, устойчивость контролируется доминантными полимерными генами, действующими по принципу некумулятивной полимерии. Таким образом, действия даже одного из этих доминантных генов достаточно для обеспечения высокой устойчивости к

патотипу килы крестоцветных 16/11/31. С учетом того, что растения пекинской капусты легко скрещиваются с турнепсом, рекомендуем в селекционных программах по созданию сортов и гибридов как репы, так и пекинской капусты, устойчивых к киле крестоцветных, использовать в качестве генетического источника линию ЕСД 04, в которой собраны все три гена устойчивости.

Выводы

1. Популяция килы крестоцветных (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) на инфекционном участке селекционной станции ТСХА им. Н.Н. Тимофеева представлена патотипом 16/11/31 по европейской системе дифференциаторов.

2. Линии турнепса ЕСД 01, ЕСД 02, ЕСД 03 и ЕСД 04 не поражаются изолятами килы из Республики Татарстан, Московской и Пермской областей и могут быть использованы в селекции устойчивых сортов и гибридов пекинской капусты для выращивания в этих регионах.

3. Устойчивость к киле у линий турнепса из европейской системы

Таблица 3

Распределение растений по степени поражения килой в популяциях F_1 , F_2 , BC от скрещивания пекинской капусты (Се3) с турнепсом разных линий (Москва, 1996 г.)

Образец	Число анализируемых растений	Распределение растений в соответствии с баллом поражения, шт.				Пораженные растения, %	Теоретически ожидаемое	χ^2	P, %
		0	1	2	3				
<i>Линия ЕСД 01</i>									
Линия Се3	8	—	—	4	4	100	100		
Линия 01	30	30	—	—	—	0	0		
F_1	13	13	—	—	—	0	0	0	99
F_2	71	67	—	—	4	5,6	6,25	0,05	75
BC_1^1	86	67	6	3	10	22,1	25,0	0,39	60
BC_1^2	25	25	—	—	—	0	0	0	99
Стандарт, сорт Гранаат	25	—	—	8	17	100	100		
<i>Линия ЕСД 02</i>									
Линия Се3	8	—	—	4	4	100	100		
Линия 02	22	22	—	—	—	0	0		
F_1	14	14	—	—	—	0	0	0	99
F_2	79	74	—	3	2	6,3	6,25	0,001	90
BC_1^1	84	64	4	4	12	23,8	25,0	0,0636	75
$BC_1^2=2$	44	44	—	—	—	0	0	0	99
Стандарт, сорт Гранаат	25	—	—	8	17	100	100		
<i>Линия ЕСД 03</i>									
Линия Се3	8	—	—	4	4	100	100		
Линия 03	20	20	—	—	—	0	0		
F_1	5	5	—	—	—	0	0	0	99
F_2	40	37	1	2	—	7,5	6,25	0,1067	75
BC_1^1	36	26	—	—	10	27,7	25,0	0,1483	60
BC_1^2	10	10	—	—	—	0	0	0	99
Стандарт, сорт Гранаат	25	—	—	8	17	100	100		
<i>Линия ЕСД 04</i>									
Линия Се3	8	—	—	4	4	100	100		
Линия 04	22	22	—	—	—	0	0		
F_1	6	6	—	—	—	0	0	0	99
F_2	112	110	—	—	2	1,8	1,5	0,0364	75
BC_1^1	111	96	2	2	11	13,5	12,5	0,1044	75
BC_1^2	42	42	—	—	—	0	0	0	99
Стандарт, сорт Гранаат	25	—	—	8	17	100	100		

дифференциаторов наследуется доминантно. У линий ЕСД 01, ЕСД 02 и ЕСД 03 она контролируется двумя, а у линии ЕСД 04 — тремя доминантными генами, взаимодействующими по принципу некумулятивной полимерии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buczacki S.T., Toxopeus H., Mattusch P. a.o. — Trans. Br. mycol., 1975, Soc. 65, p. 295—303. — 2. Brandshaw J.E. — Annuel. appl. Biol., 1997, vol. 130, p. 337—348. —

3. Mattusch P. — 100th International Conference on clubroot. Madison, Wisconsin, 1977, p. 24—28. — 4. Mattusch P. — Gemuse, 1994, Bd 30, S. 357—359. — 5. Rod I. — Ochr. Rostl., 1994(3), p. 171—182. — 6. Toxopeus H., Ianssen A.M. — Euphytica, 1975, vol. 24, p. 751—755. — 7. Yoshikawa H. — Proceedings of the first International Symposium. China, 1981, vol. 40, p. 405—413.

Статья поступила 3 марта
1998 г.

SUMMARY

In progenies of F_1 , F_2 and back-crosses from crossing Pekin cabbage with turnip lines (*Brassica campestris*, var. *rapa* (L.) Thell.) from European system of differentiators (ESD) specific features in inheritance of resistance to clubroot of crucifers (*Plasmiodiophora brassicae* Wor.) have been studeid. It has been shown that in turnip lines ESD 01, ESD 02 and ESD 03 the inheritance is controlled by two, and in line ESD 04 — by three polymeric dominant genes which function by the principle of non-cumulative polymery. These turnip lines are not affected by clubroot isolates from Tatar Republic, Moscow and Permsky regions and can be used as genetic sources of resistance in selection of Pekin cabbage.