

УДК 635.3:632.35.001.8

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ КАПУСТЫ К СОСУДИСТОМУ БАКТЕРИОЗУ

Ф.С. ДЖАЛИЛОВ, И.В. КОРСАК, Г.Ф. МОНАХОС

(Кафедра фитопатологии, кафедра селекции и семеноводства
плодовых и овощных культур)

Устойчивость к сосудистому бактериозу 12 сортов и гибридов белокочанной капусты оценивали на искусственном и естественном инфекционных фонах. Сравнивали 4 метода искусственного заражения, из которых 2 метода обеспечивали проникновение патогена через гидатоды и 2 — через травмированные жилки. Оценка устойчивости при инокуляции гидатод теснее коррелировала с результатами полевой оценки, чем в случае инокуляции травмированных жилок. Показано, что применяемые методы отражали 2 относительно независимых механизма устойчивости, один из которых зависел от длины вегетационного периода. Для большей достоверности при оценке устойчивости предложено комбинировать методы, использующие альтернативные пути проникновения возбудителя.

Сосудистый бактериоз капусты, вызываемый *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dows., чрезвычайно вредоносное заболевание, которое приводит к значительному снижению урожайности различных ее видов во всем мире [23]. Патоген может проникать в растение через гидатоды, расположенные по краям листовой пластинки. Возбудитель попадает в гуттационные капли, формирующиеся в условиях высокой влажности, а затем при снижении влажности эти гуттационные капли втягиваются в лист и бактерии получают доступ в сосудистую систему. Другими известными путями инфицирования являются механические повреждения (как листьев, так и корней) устьица при условии предварительного длительного увлажнения листьев. Возможен также перенос с помощью вредителей, в частности таких, как рапсовый цветоед, полевые слизни [8], крестоцветная блошка [20].

Приемы защиты капусты от сосудистого бактериоза направлены на уничтожение источников инфекции (протравливание семян, севооборот, борьба с сорняками из семейства капустных) и на защиту вегетирующих растений от вторичного заражения, в том числе с использованием антагонистов и созданных на их основе биопрепаратов [2]. Однако наиболее перспективным способом борьбы с заболеванием, безусловно, является выведение устойчивых к заболеванию сортов и гибридов.

Успех селекционной работы в этом направлении определяется решением каждой из следующих задач: выделение доноров устойчивости, установление механизма наследования этого признака, разработка

и применение простых в исполнении методов оценки устойчивости, позволяющих получать реальную картину патогенеза.

При изучении устойчивости многих образцов капусты на инфекционном фоне не удалось выявить сортов, иммунных к этому заболеванию; большинство из них поражалось в сильной и средней степени [5, 13]. Вместе с тем выделены отдельные образцы с высокой устойчивостью [4, 6, 7].

В отношении механизмов наследования единства мнений пока нет. По некоторым данным [15], устойчивость капустных к сосудистому бактериозу определяется одним доминантным геном. У линии китайского происхождения PI 436606 обнаружена высокая устойчивость, контролируемая одним рецессивным геном, экспрессивность которого изменяется под действием двух генов-модификаторов [17].

Наряду с моногенным выявлен и полигенный контроль устойчивости [19, 22]. Многолетние исследования полигенной устойчивости, проведенные в Тимирязевской академии, позволили выявить ценные самонесовместимые линии среднеспелой (Б21, Ро2, С110) и позднеспелой (Хт5, Ви3, Би19) капусты, у которых высокая общая комбинационная способность удачно сочетается с преимущественно доминантным контролем устойчивости. Использование этих линий позволило создать гибриды F₁ белокочанной капусты, характеризующиеся высоким уровнем полевой устойчивости [6, 7].

Для оценки устойчивости применяются разнообразные методы, охватывающие практически все извест-

ные способы проникновения возбудителя, кроме векторного.

Многие исследователи на первом этапе работы использовали в качестве метода оценки предпосевное замачивание семян в бактериальной суспензии с последующим анализом семядольных листочков на проявление симптомов заболевания [1, 15]. Однако такой метод имеет ряд ограничений: симптомы на семядольных листочках могут не проявиться вследствие наличия латентной инфекции, либо они могут маскироваться при поражении проростков грибами [3]. Помимо этого, следует учитывать, что действие генов устойчивости, идущих от сорта Early Fuji, не проявляется до фазы 5 настоящих листьев [18].

Имеется способ испытания устойчивости сортов капусты путем заражения через корневую систему, когда корни рассады перед высадкой обмакивают в болтушку, содержащую измельченные пораженные листья, либо в суспензию клеток возбудителя [14].

Наиболее часто используются 2 метода: опрыскивание листьев бактериальной суспензией [9, 13] и инокуляция с травмированием иглой либо ножницами [10, 11]. К инокуляции с травмированием можно отнести и метод оценки поражения листовых высечек после помещения в бактериальную суспензию [4].

Установлено, что при травмировании наблюдается более сильное заражение и для этого требуется меньший уровень минимальной инфекционной нагрузки, чем при проникновении через гидатоды. Так, опытами, проведенными в Индии, показано, что минимальная концентрация инокуляума составляет

6×10^5 клеток в 1 мл при инокуляции жилок иглой и $6,6 \times 10^6$ клеток при проникновении через гидатоды [16].

В задачу данной работы входил анализ достоверности различных методов оценки устойчивости с использованием искусственного заражения. При этом под «достоверностью» метода нами понималась степень связи между результатами оценки на искусственном фоне и развитием заболевания при естественном инфицировании растений на поле.

Методика

Материалом служили 12 гибридов и сортов белокачанной капусты, проявивших в предварительных испытаниях контрастные различия по устойчивости.

Устойчивость при искусственном заражении оценивали следующими методами: на рассаде в пленочной теплице уколom препаративной иглой, смоченной в бактериальной суспензии, в жилку листа, опрыскиванием растений в стадии гуттации бактериальной суспензией (растения перед заражением поливали и накрывали на ночь пленочным изолятором); на отделенных листьях 30-суточных растений — аналогично заражением уколom в жилку и через гидатоды. Отделенные листья предварительно помещали в стаканы с водой и выдерживали при искусственном освещении. В каждом варианте было по 18 растений (или по 18 листьев). Концентрация инокуляума — $2-3 \times 10^8$ клеток в 1 мл.

Полевую устойчивость определяли на естественном инфекционном фоне в Коломенском районе Московской области. В каждом сорто-

образце учитывали 3 повторности по 25 растений.

Поражение оценивали в баллах по шкале Студенцова [9, 13]. Рассчитывали развитие (индекс) болезни. Статистическую обработку проводили с помощью пакета прикладных программ «STRAZ».

Результаты

Как видно из табл. 1, выявлены сильные различия по признаку устойчивости при всех методах оценки. Наибольшей устойчивостью характеризуются гибриды F_1 Крюмон (селекции Тимирязевской академии), Бартоло и Леннокс (селекции фирмы «Бейо заден»), наименьшей — сорта Золотой гектар и Амагер 611. Что касается других сортообразцов, то их место при ранжировании по признаку устойчивости значительно изменялось в зависимости от способа проникновения возбудителя.

В целом по опыту растения всех сортов и гибридов значительно сильнее поражались в случаях заражения через травмированные сосуды (в среднем в 2,96—3,37 раза), чем через гидатоды. При этом устойчивость, реализуемая в жилках листьев, тесно связана с продолжительностью вегетационного периода и определяется, по-видимому, биохимическими и морфологическими особенностями листьев, формирование которых зависит от темпов ростовых процессов. Наблюдалась следующая закономерность — чем продолжительнее вегетационный период и медленнее темпы роста листьев, тем большую устойчивость проявляют генотипы при заражении через механические повреждения листьев. Так, наиболее позднесе-

лые медленнорастущие гибриды Бартоло, Леннокс и Крюмон проявляют максимальную устойчивость, среднеспелые и среднепоздние сорта, отличающиеся более интенсивными темпами ростовых процессов, поражаются сильнее, а наиболее скороспелые быстрорастущие сорта наиболее восприимчивы.

Устойчивость, реализуемая в гидатодах, не зависела от продолжительности вегетационного периода и обуславливалась действием других факторов, например, различиями в строении гидатод либо активной реакцией клеток эпитемы.

Исходя из того, что критерием пригодности любого метода оценки устойчивости, связанного с искусственным заражением растений, является наиболее полное соответствие полученных результатов оценке устойчивости в условиях естественной инфекции, нами был проведен корреляционный анализ, результаты которого приведены в табл. 2.

Инокуляция через гидатоды отделенных листьев и на растениях обеспечивала более тесную связь с результатами полевой оценки устойчивости, чем инокуляция сосудов, сопровождающаяся травмированием тканей. Так, если корреляция оценок, полученных методами заражения гидатод листьев (отделенных и на целом растении) и полевой, была достаточно тесной (соответственно $r = 0,81 \pm 0,19$) ($r = 0,69 \pm 0,23$), то связь между оценкой методами травмирования и полевой оценкой — статистически несущественной ($t_r < t_{05}$). Результаты проведенного опыта свидетельствуют, что в годы исследований инфицирование растений в основном осуществлялось через гидатоды.

**Развитие сосудистого бактериоза капусты (%)
при различных способах инокуляции (1993 г.)**

Сортообразец	Отделенные листья		Листья рассады		Средняя по образцу	Естественный фон
	гидатоды	жилки	гидатоды	жилки		
<i>Поздние для хранения</i>						
Крюмон F ₁	1,8	1,0	1,3	0,1	1,1	0,1
Бартоло F ₁	2,8	7,1	0,7	2,3	3,2	0,6
Леннокс F ₁	4,4	5,5	3,3	4,0	4,3	1,7
Зимовка 1474	16,7	17,5	20,0	18,9	18,3	18,7
Амагер 611	27,8	51,9	21,7	40,3	35,4	9,4
Средняя	10,7	16,6	9,4	13,1	12,4	6,1
<i>Среднепоздние и среднеспелые для квашения</i>						
Подарок	4,2	10,0	1,7	2,7	4,6	0,4
Московская поздняя 15	7,2	21,7	6,7	20,4	14,0	5,5
Лосиноостровская 8	6,0	15,4	3,7	10,8	9,0	1,0
Слава 1305	5,5	45,0	6,0	37,3	23,5	4,1
Слава грибовская 231	4,4	39,2	3,7	34,6	20,5	3,2
Средняя	5,5	26,5	4,4	21,1	14,3	2,8
<i>Ранние</i>						
Стахановка 1513	5,6	48,3	6,7	31,8	23,1	5,7
Золотой гектар 1432	10,4	65,2	13,3	59,6	37,1	1,6
Средняя	8,0	56,8	10,0	45,7	30,1	3,7

Связь между результатами оценки, полученными методами, использующими одинаковый путь проникновения возбудителя (гидатоды или жилки), была значительно сильнее, чем между методами, использующими альтернативные пути инфицирования. Так, если в первом случае коэффициенты корреляции были равны соответственно $0,94 \pm 0,11$ (при инокуляции гидатод) и $0,98 \pm 0,07$ (при инокуляции жилок), то в последнем — всего $0,58 \pm 0,26$, а в случае взаимодействия 1×2 , 1×4 , 2×3 связь оказалась статистически несущественной.

Полученные данные свидетельствуют о наличии у капусты двух

относительно независимых механизмов устойчивости, что может объяснить известные факты сильного поражения устойчивых к сосудистому бактериозу сортов после повреждения их насекомыми [21]. Поэтому при оценке селекционного материала необходимо сочетать методы, обеспечивающие различные пути проникновения возбудителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джалилов Ф.С., Монахов Г.Ф. Методы оценки устойчивости капусты к сосудистому бактериозу. — В сб.: Экологические проблемы защиты растений. — Тез. докл. на конференции молодых ученых. Л.:

**Показатели степени и существенности связей между результатами,
полученными различными методами оценки устойчивости**

Взаимодействие факторов	Коэффициент корреляции			Коэффициент детерминации $d = r^2$
	r	S_r	t_r	
1 x 2	0,46	0,28	1,63	0,21
1 x 3	0,94	0,11	8,63 ^{xxx}	0,88
1 x 4	0,47	0,28	1,68	0,22
1 x 5	0,69	0,23	3,01 [*]	0,48
2 x 3	0,53	0,27	2,00	0,28
2 x 4	0,98	0,07	14,81 ^{xxx}	0,96
2 x 5	0,19	0,31	0,62	0,04
3 x 4	0,58	0,26	2,25 [*]	0,34
3 x 5	0,81	0,19	4,35 ^{xx}	0,65
4 x 5	0,24	0,31	0,79	0,06

$$t_{05} = 2,23; t_{01} = 3,17; t_{001} = 4,59$$

П р и м е ч а н и е. Одной, двумя и тремя звездочками обозначена существенность коэффициента корреляции соответственно при 95, 99 и 99,9% уровнях вероятности.

ВИЗР, 21—24.11.90. Л., 1990, с. 79. — 2. *Джалилов Ф.С., Корсак И.В., Перебитюк А.Н.* Использование флуоресцирующих псевдомонад для защиты капусты от бактериальных болезней. — Изв. ТСХА, 1994, вып. 2, с. 93—98. — 3. *Иванюк В.Г., Сильванович Н.А.* О методах определения устойчивости капусты к сосудистому бактериозу. — Селекция и семеноводство, 1991, № 4, с. 19—20. — 4. *Игнатов А.Н.* Селекционное и генетическое изучение устойчивости белокочанной капусты к сосудистому бактериозу. — Автореф. канд. дис., М., 1992. — 5. *Квасников Б.В., Сухорукова Н.С.* Оценка исходного материала белокочанной капусты на устойчивость к сосудистому бактериозу. — В сб.: Селекция и семеноводство овощных и бахчевых культур. М.: ВНИССОК, 1989, с. 34—40. — 6. *Крючков А.В.,*

Монахов Г.Ф., Джалилов Ф.С., Хуз Н.Н. Наследование устойчивости к сосудистому бактериозу у самонесовместимых линий среднеспелой белокочанной капусты. — Плодоовощное хоз-во, 1987, № 10, с. 41—44. — 7. *Монахов Г.Ф., Джалилов Ф.С., Тивари Р.Д.* Наследование устойчивости к сосудистому бактериозу у самосовместимых линий позднеспелой белокочанной капусты. — Изв. ТСХА, 1990, вып. 4, с. 86—91. — 8. *Матвеева Е.В., Пехтерева Э.Ш., Одинова М.А.* О распространении возбудителя бактериозов капусты. — Картофель и овощи, 1982, №7, с. 27—28. — 9. *Никитина В.К., Студенцов О.В.* Методические указания по оценке капусты на устойчивость к бактериозам. Л.: ВИР, 1971. — 10. *Овечникова Л.Н.* Устойчивость капусты к сосудистому бактериозу и вари-

бельность изолятов *Xanthomonas campestris*. — В сб.: Состояние и перспективы развития научных исследований по предотвращению резистентности у вредителей и возбудителей болезней к пестицидам и разработка мер борьбы с бактериальными болезнями растений. М.: ВАСХНИЛ, 1980, с. 78—79. — 11. *Овечникова Л.Н., Пивина А.П.* Значение метода инокуляции для заражения капусты сосудистым бактериозом. — Тез. докл. на IV Всесоюз. совещании «Состояние и перспективы развития научных исследований по предотвращению резистентности у вредителей и возбудителей болезней к пестицидам и разработка эффективных мер борьбы с бактериальными болезнями растений». М.: ВАСХНИЛ, 1980, с. 81—82. — 12. *Самохвалов А.Н.* Научное обоснование методов оценки исходного селекционного материала овощных культур на устойчивость к бактериальным и грибным болезням. — Автореф. докт. дис. М., 1992. — 13. *Студенцов О.В., Петровская Н.Н.* Устойчивость коллекционных сортов капусты к сосудистому бактериозу в предгорной

зоне Северного Кавказа. — Бюл. ВНИИ растениеводства, 1981, вып. 111, с. 45—48. — 14. *Сухорукова Н.С.* Методика оценки и селекционного отбора белокачанной капусты на устойчивость к сосудистому бактериозу. — Автореф. канд. дис. М., 1987. — 15. *Bain D.C.* — *Phytopathology*, 1955, vol. 45, № 1, p. 55—56. — 16. *Bandyopadhyay S., Chattopadhyay S.B.* — *Indian J. Agric. Sci.*, 1985, vol. 55, № 5, p. 350—354. — 17. *Dickson M.D., Hunter J.E.* — *Hortsci.*, 1987, vol. 22, № 1, p. 108—109. — 18. *Hunter J.E., Dickson M.H., Ludwig J.W.* — *Plant Disease*, 1987, vol. 71, № 3, p. 263—266. — 19. *Sharma B.R., Swarup V., Chatterjee S.S.* — *Canad. J. Genet. Cytol.*, 1972, vol. 14, № 2, p. 363—370. — 20. *Shelton A.M., Hunter J.E.* — *Canad. J. of plant pathology*, 1985, vol. 7, № 3, p. 308—310. — 21. *Staub T., Williams P.H.* — *Phytopathology*, 1972, vol. 62, № 7, p. 722—728. — 22. *Williams P.H., Staub T., Sutton J.C.* — *Phytopathology*, 1972, vol. 62, № 2, p. 247—252. — 23. *Williams P.H.* — *Plant Disease*, 1980, vol. 64, № 8, p. 736—742.

Статья поступила 21 февраля 1995 г.

SUMMARY

Resistance to black rot of 12 varieties and hybrids of cabbage was evaluated on artificial and natural infectious backgrounds. 4 methods of artificial infection were compared, 2 of them provided penetration of pathogen through hydrotodes, and 2 others — through injured veins. Evaluation of resistance with hydrotode inoculation more closely correlated with the results of field evaluation than in case of injured veins evaluation. It is shown that the methods used represented two relatively independent mechanisms of resistance, one of them depending on the length of vegetation period. To obtain more reliable results it is suggested to evaluate resistance by combining the methods using alternative ways for penetration of the pathogen.