Оценка линейного материала томата (*Solanum lycopersicum* L.) на устойчивость к возбудителям бактериозов для юга РФ

Джос Е.А., Енгалычева И.А., Енгалычев М.Р.

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАЧНЫЙ ЦЕНТР ОВОЩЕВОДСТВА (ФГБНУ ФНЦО)

Крупными производителями томата (*Solanum lycopersicum* L.) в России являются Южный, Центральный и Приволжский регионы России, соответствующие его биологическим особенностям (Енгалычев М. Р. и др., 2024). По данным FAOSTAT, в 2023 году в России было произведено 2,72 млн тонн томата на площади 78,2 тыс. га, а средняя урожайность составила 34,7 т/га.

В настоящее время черная бактериальная пятнистость (возбудитель - *Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* (Xe)) и бактериального ожога томата (возбудитель - *Pseudomonas siryngae pv. tomato* (Pst)) занимают доминирующее положение на томате в условиях юга России. Потери урожая в благоприятные для патогенов условиях составляют от 10 до 40% (Goodwin et al., 2015), а в последние годы отмечено совместное заражение бактериями. Факторами, влияющими на заражение Xe и Pst, являются сложные взаимодействия патогенного комплекса внутри агробиоценоза. На развитие Xe и Pst на томате влияют меняющиеся погодные условия, сортимент выращиваемых сортов с различным уровнем устойчивости, видовой состав возбудителей (Torriani et al., 2009).

Цель данного исследования – оценить линейный материал томата, созданный для южных регионов России, по признаку устойчивости к возбудителям бактериального ожога (Pst) и черной бактериальной (Xe) пятнистости.

Исследования проводили на базе лабораторий молекулярно-иммунологических исследований и селекции и семеноводства пасленовых культур ФГБНУ ФНЦО

- **Материал исследований** – 30 селекционных линий томата, по 10 растений в трехкратной повторности (n=3) по полной рандомизированной схеме.
- **Объекты исследований** – штаммы *Pseudomonas siryngae* pv. *tomato* DC3000 (Pst DC3000) и *Xantomonas euvisicatoria* 186 (Xe186).

Методы исследований:

- ✓ **Приготовление инокулюма**: бактериальные изоляты культивировали на среде LB (Luria Bertani Broth) в течение 48 ч при температуре 28 °C. Биомассу собирали с поверхности агара стерильным шпателем и суспендировали в стерильной питьевой воде, доводя разведением до концентрации клеток 1×108 КОЕ/мл.
- ✓ **Заражение растений томата** бактериальной суспензией проводили в фазе двух настоящих листьев методом «лягушки» с обратной стороны листа. Контроль – стерильная вода. Инокулированные растения культивировали при t=250С для Xe 186 и t=190С для Pst DC3000. Первые 48 часов заражение проходило при влажности 95% в темноте, далее при переменном освещении (16ч/день и 8ч/ночь) и влажности 75%.
- ✓ **Учет степени поражения** проводили на 7, 14 и 21 сутки. При учете результатов фенотипической оценки и дифференциации линий томата на устойчивость к бактериям на основании среднего индекса поражения (I, балл) использовали следующую градацию:

- высокоустойчивые (ВУ) – I=0-0,4 балла,
- толерантные (Т) – I=0,5-1,0 балла,
- средневосприимчивые (СВ) – I=1,0-1,2 балла,
- восприимчивые (В) – I=2,1-4,0 балла.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Искусственная инокуляция растений томата возбудителями бактериального ожога (Pst DC3000) и черной бактериальной (Xe 186) пятнистости показала следующие особенности развития растений и проявление симптомов.

- На проявление симптоматики влияли как вид возбудителя, так и устойчивость линий к патогенам. Симптомы поражения Pst DC3000 сопровождались образованием небольших хлоротичных пятен на верхней стороне листовой пластины (рис. 1a), через 5-8 дней вокруг очага заражения образовывалась зона желто-зеленой ткани (рис. 1b).
- При заражении штаммом Xe 186 симптоматика на листьях проявлялась в виде некротических коричневых пятен (рис. 1d), которые впоследствии разрастались и сливались с соседними очагами поражения (рис. 1e). Симптомы увядания различались в зависимости от степени устойчивости: у средне- и сильновосприимчивых к обоим штамма линий отмечено сильное увядание уже на 5-7 сутки. У девяти образцов (30% от числа изученных) симптомы начинали стремительно развиваться на 4-5 сутки, затем поражение ткани останавливалось по типу реакции сверхчувствительности (рис. 1 h).

Рисунок 1 – Симптомы поражения селекционных линий томата возбудителями бактериальной этиологии: a-c — Pst DC 3000; d-f – Xe 186; h — растение без признаков поражения.

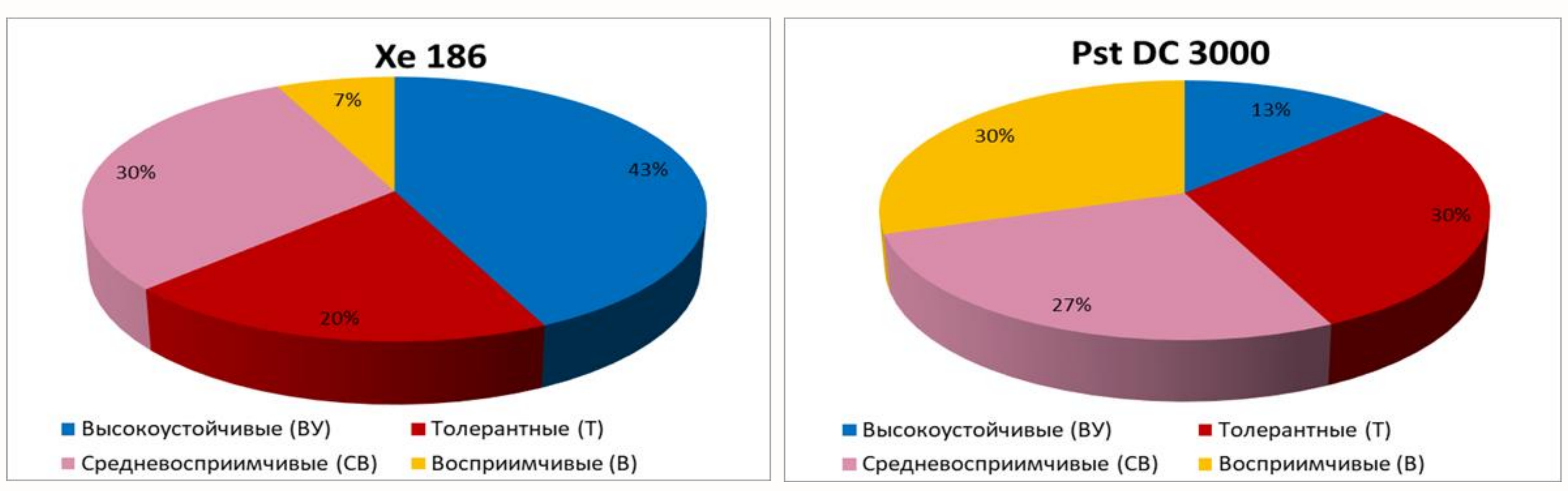

Рисунок 2 – Дифференциация селекционных линий томата по признаку устойчивости к возбудителям бактериального ожога (Pst DC3000) и черной бактериальной пятнистости (Xe 186).

- ➢ **наибольший процент высокоустойчивых устойчивых линий отмечен при заражении возбудителем черной бактериальной пятнистости (Xe) – 43%, тогда как устойчивых к возбудителю бактериального ожога (Pst) – 13% (рис.2).**
- ➢ **доля образцов пораженных Pst в средней и сильной степени оказалась высокой – суммарно 57%, что актуализирует проблему селекции на устойчивость к данному возбудителю.**

- ➢ Проведенная иммунологическая оценка селекционных линий томата на устойчивость к двум возбудителям бактериальной пятнистости позволила разделить линии на пять фенотипических групп и выделить образцы с различным сочетанием групповой устойчивости (таблица 1, рис.1h). Практический интерес для селекции представляют девять селекционных линии селекции ФГБНУ ФНЦО из I и II групп: две высокоустойчивых VS-ИМ-3 и VS-ИМ-20 и семь толерантных, у которых после инокуляции двумя штаммами по общей совокупности усредненных данных опытные растения не отличались от контрольных групп (I=0-0,3 балла).
- ➢ Проведенная фенотипическая оценка позволила выявить четыре линии, которые были устойчивы или толерантны к возбудителю бактериального ожога – штамму Pst DC 3000, но восприимчивы к штамму Xe. Это линии VS-ИМ-29, VS-ИМ-6, VS-ИМ-8 и VS-ИМ-24 (средний индекс поражения варьировал от 0,3 до 0,6 балла).
- ➢ Десять линий из IV группы, наоборот, показали устойчивость или толерантность к штамму Xe (I=0-0,6 балла), тогда как к штамму Pst DC 3000 оказались в средней и сильной степени восприимчивы (I=1,1-2,4 балла и P=36,8-100%).
- ➢ Остальные анализируемые линии из V группы (VS-ИМ-5, VS-ИМ-7, VS-ИМ-9, VS-ИМ-11, VS-ИМ-18, VS-ИМ-28 и VS-ИМ-30 оказались в средней или сильной степени восприимчивы к обоим анализируемым штаммам бактерий (I=1,1-3,8 балла и P=28,1-100%).

Таблица 4 – Комплексная оценка устойчивости селекционных линий томата по признаку устойчивости к возбудителям бактериальной этиологии в условиях искусственного заражения (лабораторные условия)

Фенотипическая группа	Образец	Pst Dc 3000		Xe 186		Группа устойчивости	
		I, %	P, %	R, %	P, %	Ps	Xc
контроль		0a	0	0a	0		
I	VS-ИМ-3	0,3 ab	22,2	0a	0	ВУ	ВУ
	VS-ИМ-20	0,3 ab	9,5	0,2 ab	31,6	ВУ	ВУ
II	VS-ИМ-2	1,0 bcdef	100,0	0a	0	Т	ВУ
	VS-ИМ-4	0,9 bcdef	39,1	0,8 bcde	40,0	Т	Т
	VS-ИМ-10	0,7 abcd	38,5	0,9 bcdef	58,8	Т	Т
	VS-ИМ-14	0,8 bcde	52,4	0,3 ab	41,0	Т	ВУ
	VS-ИМ-16	0,6 abcd	33,3	0a	0	Т	ВУ
	VS-ИМ-23	0,4 ab	15,6	0,8 bcde	52,2	ВУ	Т
	VS-ИМ-25	0,6 abcd	20,0	0,3 ab	35,3	Т	ВУ
III	VS-ИМ-29	0,3 ab	22,7	1,8 gh	44,8	ВУ	СВ
	VS-ИМ-6	0,6 abcd	50,0	2,0 hi	100,0	Т	СВ
	VS-ИМ-8	0,6 abcd	53,6	1,5 fgh	62,9	Т	СВ
	VS-ИМ-24	0,5 abc	19,4	1,2 defg	42,9	Т	СВ
IV	VS-ИМ-1	2,8 hi	100,0	0,3 ab	46,2	В	ВУ
	VS-ИМ-13	1,1 bcdef	36,8	0a	0	СВ	ВУ
	VS-ИМ-15	2,3 hi	81,4	0,3 ab	12,5	В	ВУ
	VS-ИМ-19	1,5 efg	46,4	0a	0	СВ	ВУ
	VS-ИМ-26	2,1 gh	84,0	0a	0	В	ВУ
	VS-ИМ-27	2,9 i	95,0	0a	0	В	ВУ
	VS-ИМ-22	2,1 gh	67,7	0,3 ab	36,0	СВ	ВУ
	VS-ИМ-12	1,3 cdefg	64,7	0,5 abc	33,3	СВ	Т
	VS-ИМ-17	2,4 hi	75,0	0,6 abcd	4,4	В	Т
	VS-ИМ-21	1,3 defg	48,0	0,7 bcde	45,2	СВ	Т
V	VS-ИМ-5	3,0 i	100,0	1,2 defg	33,3	В	СВ
	VS-ИМ-7	3,0 i	100,0	3,8 k	100,0	В	В
	VS-ИМ-9	2,8 i	100,0	2,6 j	89,7	В	В
	VS-ИМ-11	1,1 bcdef	41,7	1,1 cdef	46,2	СВ	СВ
	VS-ИМ-18	2,8 i	96,6	1,6 fgh	33,3	В	СВ
	VS-ИМ-28	1,7 fgh	70,6	1,3 efgh	33,3	СВ	СВ
	VS-ИМ-30	1,3 cdefg	56,3	1,3 efgh	28,1	СВ	СВ