

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ТОМАТА К ФУЗАРИОЗНОМУ УВЯДАНИЮ

Омонликов Алишер Уразалиевич 

Старший преподаватель, Ташкентский государственный аграрный университет

Хахимов Альберт Ахмедович 

Доцент, Ташкентский государственный аграрный университет

Аннотация. В статье представлены результаты оценки устойчивости сортов и гибридов томата к фузариозному увяданию. Исследования проводили в 2020-2022 годах в условиях открытого грунта на искусственном инфекционном фоне опытного участка Информационно-консультационного центра Ташкентского государственного аграрного университета. В опыте изучали три сорта и пять гибридов томата. В качестве инокулята использовали штамм A36 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, идентичность и патогенность которого были подтверждены морфолого-культуральными и молекулярно-генетическими исследованиями. Распространённость и развитие болезни оценивали на 20-, 30-, 45- и 60-й дни после инокуляции. Сорт Тошкент тонги был отнесён к группе восприимчивых, сорта Юсупов и ТМК-22, а также гибриды 42510 F₁ и 42301 F₁ - к группе умеренно восприимчивых. Гибрид BT Pembola F₁ был умеренно устойчивым, а Otranto F₁ и Lojain F₁ - устойчивыми. Высокоустойчивых генотипов не выявлено. Гибриды Otranto F₁, Lojain F₁ и BT Pembola F₁ определены как перспективные для выращивания в условиях распространения фузариозного увядания.

Ключевые слова: томат, фузариозное увядание, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, искусственный инфекционный фон, штамм патогена, гибрид, устойчивость.

Помидор нав ва дурагайлари фузариоз сўлиш касаллигига нисбатан чидамлилигини баҳолаш

Аннотация. Мақолада помидор нав ва дурагайлари фузариоз сўлиш касаллигига чидамлилигини баҳолаш натижалари келтирилган. Тадқиқотлар 2020-2022 йилларда Тошкент давлат аграр университетининг Ахборот-маслаҳат маркази тажриба участкасида, очик дала шароитидаги сунъий инфекцион фонда ўтказилди. Тажрибада помидорнинг 3 та нави ва 5 та дурагайи синовдан ўтказилиб, инокулянт сифатида морфокультурал, молекуляр-генетик ва патогенлик хусусиятлари тасдиқланган *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* нинг A36 штаммидан фойдаланилди. Кўчатлар зарарлангандан кейин касалликнинг тарқалиши ва ривожланиши 20-, 30-, 45- ва 60-кунларда баҳоланди. Тошкент тонги нави чидамсиз, Юсупов ва ТМК-22 навлари ҳамда 42510 F₁ ва 42301 F₁ дурагайлари ўртача чидамсиз деб топилди. BT Pembola F₁ ўртача чидамли, Otranto F₁ ва Lojain F₁ дурагайлари эса чидамли гуруҳга киритилди. Юқори чидамли генотип аниқланмади. Otranto F₁, Lojain F₁ ва BT Pembola F₁ дурагайлари фузариоз сўлиш тарқалган майдонларда етиштириш учун истиқболли эканлиги белгиланди.

Калит сўзлар: помидор, фузариоз сўлиш, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, сунъий инфекцион фон, патоген штамми, дурагай, чидамлилики.

Assessment of tomato cultivars and hybrids for resistance to fusarium wilt

Abstract. This article presents the results of evaluating tomato cultivars and hybrids for resistance to Fusarium wilt. The study was conducted from 2020 to 2022 under artificially infested open-field conditions at the experimental site of the Information and Advisory Center of Tashkent State Agrarian University. Three tomato cultivars and five hybrids were tested. The A36 strain of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, confirmed by morphological and cultural characterization, molecular genetic identification, and pathogenicity testing, was used as the inoculum. Disease incidence and severity were assessed at 20, 30, 45, and 60 days after inoculation. The Toshkent tongi cultivar was classified as susceptible, while the Yusupov and TMK-22 cultivars and the 42510 F₁ and 42301 F₁ hybrids were moderately susceptible. BT Pembola F₁ was moderately resistant, whereas Otranto F₁ and Lojain F₁ were resistant. No highly resistant genotype was identified. Otranto F₁, Lojain F₁, and BT Pembola F₁ were identified as promising hybrids for cultivation in areas affected by Fusarium wilt.

Keywords: tomato, Fusarium wilt, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, artificial inoculation, pathogen strain, hybrid, resistance.

Введение. Томат является одной из наиболее широко возделываемых в мире овощных культур, обладающих высокой пищевой и

экономической ценностью. Однако при его выращивании различные фитопатогенные организмы, особенно почвенные фитопатогенные грибы, наносят серьёзный ущерб урожайности и качеству продукции. Одной из таких болезней является фузариозное увядание, вызываемое *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL), которое относится к числу наиболее опасных болезней томата как в открытом, так и в защищённом грунте (Chitwood-Brown et al., 2021; Maurya et al., 2023).

Возбудитель болезни проникает в растение преимущественно через корневую систему и распространяется по сосудам ксилемы. Развитие патогена в сосудистых тканях нарушает передвижение воды и минеральных веществ, вызывая пожелтение листьев, угнетение роста растений, побурение сосудов стебля, увядание и в конечном итоге гибель растений. У устойчивых генотипов защитная реакция против заболевания инициируется в тканях корня и ограничивает дальнейшую колонизацию ксилемы и распространение патогена в надземные органы растения (Šimkovičová et al., 2024). Благодаря образованию хламидоспор FOL способен длительное время сохраняться в почве и заражённых растительных остатках. В связи с этим полностью контролировать заболевание только посредством севооборота, обработки почвы или применения химических фунгицидов затруднительно.

Использование устойчивых сортов и гибридов для борьбы с фузариозным увяданием является экономически целесообразным, экологически безопасным и долгосрочным решением. Однако реакция генотипов томата на заболевание может существенно изменяться в зависимости от физиологической расы патогена и вирулентности его изолятов. Поэтому оценка сортов и гибридов на искусственном инфекционном фоне с использованием местных штаммов FOL, выделенных в конкретном регионе, является важным условием надёжного отбора устойчивых генотипов (Chitwood-Brown et al., 2021; Fernandes et al., 2022; Oliveira et al., 2023).

В условиях Узбекистана сведения о сравнительной оценке реакции выращиваемых местных и зарубежных сортов и гибридов томата на искусственном инфекционном фоне, созданном с использованием местного штамма FOL, идентифицированного по морфолого-культуральным и молекулярно-генетическим признакам и подтверждённого на патогенность, ограничены. В связи с этим определение устойчивости используемых в производстве генотипов томата к фузариозному увяданию, распределение их по группам устойчивости и отбор перспективных гибридов имеют важное научное и практическое значение.

Цель исследования – оценить устойчивость местных и зарубежных сортов и гибридов томата к фузариозному увяданию на искусственном инфекционном фоне, созданном с использованием штамма A36 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, идентифицированного по морфолого-культуральным и молекулярно-генетическим признакам и подтверждённого на патогенность, на основании показателей распространённости и развития болезни.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в 2020-2022 годах в условиях открытого грунта на опытном участке Информационно-консультационного центра Ташкентского государственного аграрного университета. Площадь делянки каждого варианта составляла 4×6 м. Рассадку высаживали по схеме 70×35 см в четыре ряда. В каждом ряду размещали по 13 растений, всего 52 растения на одной делянке. Опыт проводили в трёх повторностях, поэтому общее количество растений в каждом варианте составляло 156. В исследовании использовали сорта томата Тошкент тонги, ТМК-22 и Юсупов, а также гибриды Otranto F1, Lojain F1, 42510 F1, 42301 F1 и BT Pembola F1.

Перед закладкой опыта проводили соляризацию почвы. Для этого поверхность предварительно вспаханной и боронованной почвы накрывали прозрачной полиэтиленовой плёнкой на 14 суток. В качестве инокулюма использовали штамм A36 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, идентифицированный морфолого-культуральными и молекулярно-генетическими методами, патогенность которого была подтверждена. Размноженную в лаборатории на зерне культуру патогена смешивали с соляризованной почвой, инкубировали в течение 9 суток, после чего полученный инокулюм вносили под каждое растение.

Учёт распространённости и развития болезни проводили на 20-, 30-, 45- и 60-й дни после искусственного заражения растений. Степень развития болезни (степень поражения) оценивали по модифицированной 4-балльной шкале метода Nirmaladevi et al. (2016) с градациями от 0 до 4 баллов. Устойчивость сортов и гибридов определяли на основании показателя развития болезни на 60-й день и классифицировали по критериям Akaeze и Aduramigba-Modupe (2017), а также Sanap et al. (2020): 0% – высокоустойчивые (HR); 1-5% – устойчивые (R); 6-10% – умеренно устойчивые (MR); 11-30% – умеренно восприимчивые (MS); 31-50% – восприимчивые (S); 51-100 % – высоковосприимчивые (HS). Полученные данные подвергали дисперсионному анализу с

определением показателей HCP_{05} и Sx , %.

Результаты исследований и их обсуждение. В опытных вариантах первые симптомы фузариозного увядания томата проявлялись в виде пожелтения жилок и поверхности листьев, задержки роста и последующего полного увядания растений. Кроме того, после появления начальных признаков заболевания и проведения полива отмечались случаи резкого увядания всего растения ещё до полного пожелтения листьев. Красно-бурое окрашивание сосудистых тканей стебля, наблюдавшееся на его поперечном срезе, также свидетельствовало о развитии фузариозного увядания.

По результатам полевых опытов восемь изученных генотипов томата, включая три сорта и пять гибридов, проявили различную реакцию на фузариозное увядание, вызываемое *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. При проведении учётов на 20-, 30-, 45- и 60-й дни после искусственного заражения были выявлены выраженные различия между генотипами по показателям распространённости (КТ, %) и развития болезни (КР, %).

Таблица 1

Оценка устойчивости сортов и гибридов томата к фузариозному увяданию (FOL) (Искусственный инфекционный фон, Кибрайский район, Информационно-консультационный центр Ташкентского государственного аграрного университета, 2020-2022 гг.)

№	Сорта и гибриды	Штамм патогена	Распространённость (КТ, %) и развитие болезни (КР, %)							
			Дни после высадки рассады (искусственного заражения)							
			20-й день		30-й день		45-й день		60-й день	
			КТ, %	КР, %	КТ, %	КР, %	КТ, %	КР, %	КТ, %	КР, %
1	Тошкент тонги	A36	10,2	4,2	30,8	9,9	39,7	27,4	43,6	31,5
2	Юсупов	A36	7,1	3,7	23,7	13,2	29,5	18,5	30,8	20,8
3	ТМК-22 (стандарт)	A36	11,5	4,5	32,1	14,5	35,3	23,4	38,5	26,4
4	Otranto F ₁	A36	0,64	0,3	4,5	2,4	9,0	4,1	10,3	4,8
5	Lojain F ₁	A36	1,92	0,3	7,1	2,2	7,7	2,9	8,3	3,2
6	42510 F ₁	A36	4,5	1,0	10,9	6,4	15,4	10,2	17,9	11,8
7	42301 F ₁	A36	5,8	1,2	15,4	5,2	18,6	12,5	20,5	14,4
8	BT Pembola F ₁	A36	1,92	0,9	10,9	5,4	13,5	7,2	15,4	8,6
	$HCP_{05} =$		0,21	0,09	0,62	0,27	0,75	0,51	0,81	0,58
	$Sx =$ %		3,90	4,59	3,68	3,67	3,57	3,68	3,51	3,84

На 20-й день у восприимчивых и умеренно восприимчивых сортов появились первые признаки болезни, отмеченные у определённой части растений. В то же время у наиболее устойчивых гибридов в этот период были зарегистрированы очень низкие показатели распространённости (0,64-1,92%) и развития болезни (0,3-0,9%). На 30-й день у более восприимчивых сортов наблюдалось быстрое прогрессирование заболевания. У сорта Тошкент тонги распространённость болезни достигла 30,8%, а её развитие – 9,9%. У сорта Юсупов данные показатели составили соответственно 23,7 и 13,2%, а у стандартного сорта ТМК-22 – 32,1 и 14,5%.

При проведении учётов на 30- и 45-й дни стали проявляться характерные признаки увядания. Через 60 дней после высадки и искусственного заражения растений распространённость болезни среди всех изученных сортов и гибридов варьировала от 8,3 до 43,6%, а развитие болезни – от 3,2 до 31,5%. У сорта Тошкент тонги распространённость и развитие болезни составили соответственно 43,6 и 31,5%, у сорта ТМК-22 – 38,5 и 26,4%, у гибрида Otranto F₁ – 10,3 и 4,8%, а у Lojain F₁ – 8,3 и 3,2% (таблица 1).

Таблица 2

Показатели устойчивости испытанных сортов и гибридов томата к фузариозному увяданию (FOL) (Искусственный инфекционный фон, Кибрайский район, Информационно-консультационный центр Ташкентского государственного аграрного университета, 2020-2022 гг.)

№	Сорта и гибриды	Штамм патогена	Количество растений	Развитие болезни, КР, %	Категория устойчивости	
					Наименование	Обозначение
1.	Тошкент тонги	A36	156	31,5	Восприимчивый	(S)
2.	Юсупов	A36	156	20,8	Умеренно восприимчивый	(MS)
3.	ТМК-22 (стандарт)	A36	156	26,4	Умеренно восприимчивый	(MS)
4.	Otranto F ₁	A36	156	4,8	Устойчивый	(R)
5.	Lojain F ₁	A36	156	3,2	Устойчивый	(R)
6.	42510 F ₁	A36	156	11,8	Умеренно восприимчивый	(MS)
7.	42301 F ₁	A36	156	14,4	Умеренно восприимчивый	(MS)
8.	BT Pembola F ₁	A36	156	8,6	Умеренно устойчивый	(MR)
	HCP ₀₅ =			0,58		
	Sx=%			3,84		

При оценке испытанных сортов и гибридов томата по степени развития фузариозного увядания сорт Тошкент тонги (31,5%) был отнесён к группе восприимчивых (S). Сорта Юсупов (20,8%) и ТМК-22 (26,4%), а также гибриды 42510 F₁ (11,8%) и 42301 F₁ (14,4%) были классифицированы как умеренно восприимчивые (MS). Гибрид BT Pembola F₁ был отнесён к группе умеренно устойчивых (MR), тогда как гибриды Otranto F₁ и Lojain F₁ оценены как устойчивые (R). Развитие болезни у гибридов BT Pembola F₁, Otranto F₁ и Lojain F₁ составило соответственно 8,6; 4,8 и 3,2%. Среди испытанных сортов и гибридов высокоустойчивых (HR) генотипов к фузариозному увяданию не выявлено (таблица 2). Высокая распространённость болезни, достигавшая 38,5-43,6%, и её развитие до 31,5% были обусловлены высоким уровнем инфекционной нагрузки. Такие условия отражают сильное инфекционное давление на растения и позволяют надёжно выявлять действительно устойчивые генотипы.

Полученные результаты показали, что реакция генотипов томата на инфицирование *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* существенно различалась. У сортов Тошкент тонги, ТМК-22 и Юсупов развитие болезни находилось в пределах 20,8-31,5%, тогда как у гибридов Otranto F₁, Lojain F₁ и BT Pembola F₁ данный показатель не превышал 3,2-8,6%. Различия между вариантами по развитию болезни на 60-й день превышали значение HCP₀₅, равное 0,58, что подтверждает статистическую достоверность выявленных генотипических различий. Подобная дифференциация генотипов отмечалась и в других исследованиях. В частности, Akram et al. (2014) установили, что сорта томата неодинаково реагируют на различные изоляты FOL. В исследованиях Sanap et al. (2020) степень поражения генотипов варьировала от 7,14 до 62,69%, а в опытах Maurya et al. (2023) – от 10,03 до 85,00%. Несмотря на то что различия в шкалах оценки и условиях проведения опытов ограничивают возможность прямого количественного сопоставления результатов, все исследования подтверждают наличие существенной генотипической изменчивости томата по устойчивости к фузариозному увяданию.

В исследованиях Fernandes et al. (2022) была установлена устойчивость отдельных гибридов томата к нескольким физиологическим расам FOL, тогда как Oliveira et al. (2023) показали, что реакция сортов по устойчивости может изменяться в зависимости от расы и изолята патогена. С этой точки зрения ограничение развития болезни под воздействием штамма A36 до уровня не более 5% у гибридов Otranto F₁ и Lojain F₁ свидетельствует об их перспективности для использования в условиях местного инфекционного фона. Гибрид BT Pembola F₁ при показателе развития болезни 8,6 % также проявил умеренную устойчивость. Однако в связи с тем, что в опыте использовали только один штамм FOL, физиологическая раса которого не была установлена, полученные данные об устойчивости этих гибридов нельзя экстраполировать на все популяции патогена. В связи с этим целесообразно провести их дополнительную оценку с использованием других местных изолятов и физиологических рас FOL.

Заключение. Среди испытанных генотипов томата развитие болезни у сорта Тошкент тонги составило 31,5%, в связи с чем он был оценён как восприимчивый (S) к фузариозному увяданию. Сорта Юсупов (20,8%) и ТМК-22 (26,4%), а также гибриды 42510 F₁ (11,8%) и 42301 F₁ (14,4%) были отнесены к группе умеренно восприимчивых (MS). У этих генотипов распространённость болезни варьировала от 17,9 до 43,6%, а её развитие - от 11,8 до 31,5%.

Развитие болезни у гибрида BT Pembola F₁ составило 8,6%, и он был оценён как умеренно устойчивый (MR). Гибриды Otranto F₁

(4,8%) и Lojain F1 (3,2%) были отнесены к группе устойчивых (R). Среди испытанных сортов и гибридов не выявлено генотипов, проявивших высокую устойчивость (HR) к штамму A36 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

На основании результатов, полученных на искусственном инфекционном фоне, гибриды Lojain F1 (Enza Zaden), Otranto F1 (Nunhems) и BT Pembola F1 (Bursa Tohum) могут быть рекомендованы для выращивания в личных подсобных и фермерских хозяйствах как наиболее устойчивые к фузариозному увяданию среди изученных генотипов.

Список использованной литературы:

1. Akaze O., Aduramigba-Modupe A.O. Fusarium wilt disease of tomato: screening for resistance and in vitro evaluation of botanicals for control; the Nigeria case // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. – 2017. – Vol. 9. – P. 32-36.
2. Akram W. Basal susceptibility of tomato varieties against different isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* // International Journal of Agriculture and Biology. – 2014. – Vol. 16, no. 1. – P. 171-176.
3. Chitwood-Brown J., Vallad G.E., Lee T.G., Hutton S.F. Breeding for resistance to Fusarium wilt of tomato: A review // Genes. – 2021. – Vol. 12, no. 11. – Art. 1673. – DOI 10.3390/genes12111673.
4. Fernandes R.H., Silva D.J.H., Delazari F.T., Lopes E.A. Screening of tomato hybrids for resistance to Fusarium wilt // Crop Breeding and Applied Biotechnology. – 2022. – Vol. 22, no. 4. – Art. e43352248. – DOI 10.1590/1984-70332022v22n4a43.
5. Maurya S., Saini D.K., Bharti N.K., Phanan V., Saini A. Screening of tomato varieties/cultivars against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing wilt of tomato // The Pharma Innovation Journal. – 2023. – Vol. 12, no. 11. – P. 119-122.
6. Nirmaladevi D., Venkataramana M., Srivastava R., Uppalapati S. R., Kumar A., Singh B. P., Dasgupta S., Gupta V. K. Molecular phylogeny, pathogenicity and toxigenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* // Scientific Reports. – 2016. – T. 6. – № 21367. – P. 1-12. – DOI: 10.1038/srep21367.
7. Oliveira C.M., Carmo M.G.F., Ferreira L.M. et al. Control failures of *Fusarium* wilt on tomatoes and resistance of cultivars to the three races of the pathogen // Revista Ceres. – 2023. – Vol. 70, no. 4. – P. 82-90. – DOI 10.1590/0034-737X202370040011.
8. Sanap S. B., Jaiswal K.L., Mete V.S. et al. Screening of tomato cultivars/varieties against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing wilt of tomato [et al.] // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2020. – Vol. 9, no. 8. – P. 1122–1126. – DOI 10.20546/ijcmas.2020.908.123.
9. Šimkovičová M., Kramer G., Rep M., Takken F.L.W. Tomato R-gene-mediated resistance against Fusarium wilt originates in roots and extends to shoots via xylem to limit pathogen colonization // Frontiers in Plant Science. – 2024. – Vol. 15. – Art. 1384431. – DOI 10.3389/fpls.2024.1384431.