

В.Д. ПОЛИКСЕНОВА

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА БИОГЕННОЙ И АБИОГЕННОЙ ПРИРОДЫ КАК ИНДУКТОРЫ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТОВ К СТРЕССАМ

It has been shown that a processing tomato seeds with fungicide stroby, amistar or microbiological preparation Baikal EM-1 stimulates growth, yield, resistance to pathogenes and other stresses. Plant infection with *Alternaria solani* fungi leads to significant increase of peroxidase activity.

Человечество вступило в XXI в. с чрезвычайно актуальными проблемами истощения ресурсов, загрязнения среды и ухудшения здоровья людей. Дальнейшее увеличение производства продуктов растениеводства на основе использования пестицидов становится весьма проблематичным. Биологизация средств и методов должна стать основной стратегии защиты растений.

Устойчивость к основным биотическим и абиотическим стрессам - одно из важнейших требований, которые предъявляются к современным сортам и технологиям выращивания сельскохозяйственных культур. Для достижения устойчивого результата в изменчивых условиях среды важно не только выбрать сорт, но и применить к нему приемы возделывания, способные максимально мобилизовать весь потенциал защитных сил организма. Однако для многих сельскохозяйственных культур проблема комплексной длительной устойчивости к основным заболеваниям до сих пор остается нерешенной, поэтому для получения удовлетворительной урожайности приходится использовать химические средства защиты растений. Все это побуждает, опираясь на приоритеты адаптивно-ландшафтного земледелия, искать альтернативные либо дополнительные пути для снижения пестицидной нагрузки и получения экологически безопасной продукции.

Одним из перспективных методов контроля над болезнями растений наряду с селекцией на устойчивость является иммунизация на ранних стадиях онтогенеза, которая позволяет индуцировать в растениях достаточно высокий уровень неспецифической устойчивости.

Явление индуцированной устойчивости известно с начала XX ст., однако успехи селекционно-генетического и пестицидного подхода к защите растений затормозили исследования в этом направлении. В последние 10-15 лет возрос интерес к возможностям индукции устойчивости, активизировался поиск биологически активных веществ не биоцидной природы, способных стимулировать механизмы иммунной системы растений (Тютерев, 2002). В Беларуси первые исследования по индукции болезнеустойчивости были начаты в лаборатории иммунитета БНИИКПО в 1980-х гг. на картофеле и овощных культурах, позднее - в лаборатории физиологии большого растения Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси на злаках (Иванюк, 1988; Волынец, Шуканов, Полянская, 2003). В качестве индукторов устойчивости изучали антибиотики, фенольные соединения, контактные и системные фунгициды, брасиностероиды, микроэлементы и др. В настоящее время известны работы по индуцированию устойчивости у томатов с помощью ионов кальция (Castaneda, Perez, 1995), ультрафиолетового облучения (Stevens et al., 1996), разнообразных биологически активных веществ - фенолов, антибиотиков, системных пестицидов, стероидных гликозидов, хитозана, микроэлементов и др. (Ильинская, Васюкова, Озерецковская, 1991; Поликсенова, 1999; Тютерев, 2000).

Исследование возможностей индуцированной устойчивости особенно важно для такой многосборовогой культуры, как томат, плоды которого широко используются в диетическом питании детей и взрослых, в связи с чем применение средств химической защиты от болезней должно быть ограничено. Многочисленные заболевания, от которых в Беларуси в отдельные годы гибнет до 80 % урожая, вынуждают вести поиск максимально экологизированных методов и средств, снижающих потери и стабилизирующих продук-

тивность растений (Поликсенова, 2000). В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение системных фунгицидов нового поколения, а также комплексного микробиологического препарата как возможных индукторов активизации врожденных естественных защитных механизмов растений.

Материал и методика

Исследования проводили в 2002-2004 гг. на культуре томата в открытом грунте. Семена районированного сорта Ружа перед посевом замачивали в течение 12 ч в одном из обладающих выраженной биологической активностью препаратов: системных фунгицидах строби (0,02 %), амистар (квадрис) (0,25 %) либо Байкал ЭМ-1 (0,001 %). Действующие вещества фунгицидов строби и амистар относятся к классу стробилуринов, производных продукта метаболизма гриба *Strobilurus tenacellus*. Препарат Байкал ЭМ-1 представляет собой водный раствор комплекса почвенных микроорганизмов. В контроле семена замачивали в воде. Все растения в вариантах опыта выращивали по стандартной технологии, проводя двукратное пасынкование.

Определяли комплексное влияние биологически активных веществ (БАВ) на рост и морфогенез растений, их урожайность и поражение патогенами на естественном инфекционном фоне при искусственном заражении отделенных листьев и плодов, а также семенную продуктивность растений.

Были проведены фенологические наблюдения и учет урожая с разделением его на фракции, определены биохимические показатели качества плодов. Фиксировалось поражение томатов заболеваниями на естественном инфекционном фоне, а также при искусственном заражении отделенных листьев и плодов. Активность общей пероксидазы определяли у растений в фазе 3-4 настоящих листьев по модифицированной методике Бояркина с использованием в качестве субстрата кофейной кислоты, естественно присутствующей в растении (Комарова, 1998). Результаты обрабатывали статистически (Рокицкий, 1967; Доспехов, 1985).

Результаты и их обсуждение

Семена томатов, используемые в опыте, характеризуются, как и любая популяция, некоторой разнокачественностью по энергии прорастания и темпам развития проростков. Нами оценено влияние БАВ не только на всхожесть обработанных семян, но и на соотношение нормально развитых и отстающих в росте растений. Обработка семян системными фунгицидами амистар, строби и препаратом Байкал ЭМ-1 увеличивала не только количество взошедших, но и долю нормально развитых растений по сравнению с контролем. Меньше всего угнетенных, отстающих в развитии растений отмечено при обработке семян производными стробилуринов - 22,7±25 % против 33,7 % в контроле (табл. 1).

Таблица 1

Влияние БАВ на всхожесть, рост и морфоорганоогенез томатов сорта Ружа (2002-2004 гг.)

Вариант	Всхожесть, %		Параметры рассады перед посадкой			Среднее количество плодов на кистях, шт.			
	Всего	В том числе		Высота растений, см $x \pm s_x$	Длина боковых побегов, см $x \pm s_x$	Наличие обособленных бутонов, %	на 1-й	на 2-й	на обеих
нормально развитые	отстающие в росте								
Вода (контроль)	77,3	66,3	33,7	23,5 ± 0,7	1,0 ± 0,3	Единичные	4,2	3,1	7,3
Строби 0,02%	85,3	77,3	22,7	28 ± 1,2	1,0 ± 0,1	100	5,2	4,3	9,7
Амистар (квадрис) 0,25 %	87,3	75,0	25,0	36 ± 1,0	2,0 ± 0,2	100	5,1	4,0	9,1
Байкал ЭМ-1 0,001 %	80,3	69,3	30,7	36 ± 1,1	0,5 ± 0,1	100	5,8	3,9	9,7

БАВ оказали влияние также на интенсивность роста, ветвления, заложение репродуктивных органов растений, стимулировали рост рассады - она превышала контроль на 4,5±16,5 см. Боковое побегообразование было незначительным, отмечена лишь некоторая стимуляция со стороны амистара.

Обработанные растения к моменту посадки в грунт имели хорошо развитые бутоны, чем отличались от контроля, отмечено их более раннее цветение и большее количество плодов как на первой, так и на второй кистях. В сумме среднее количество плодов в обработанных вариантах выше контроля на 1,8÷2,4 плода, что свидетельствует, на наш взгляд, о более высокой устойчивости обработанных растений к таким абиотическим факторам, как понижение температуры в конце мая и стресс, связанный с пересадкой рассады в открытый грунт.

Искусственное заражение отделенных листьев различными возбудителями пятнистостей и гнилей показало, что все варианты обработки семян БАВ приводили к снижению в той или иной степени поражения растений по сравнению с контролем. Обработка амистаром оказалась менее эффективной (табл. 2). Важно отметить, что у возбудителя фитофтороза в 2 раза была снижена репродуктивная способность патогена (число спор, образовавшихся на единицу пораженной поверхности).

Таблица 2

Поражение грибными патогенами томатов сорта Ружа, обработанных БАВ, при искусственном заражении (средний балл)

Вариант	<i>Alternaria solani</i>		<i>Phytophthora infestans</i>		<i>Cladosporium fulvum</i>	<i>Botrytis cinerea</i>
	Листья	Плоды	Листья	Плоды	Листья	Листья
Вода (контроль)	1,2	2,5	2,1	2,8	2,6	2,1
Строби 0,02 %	0,9	1,1	1,7	2,2	1,8	1,4
Амистар 0,25 %	0,6	1,8	2,3	2,7	2,4	1,9
Байкал ЭМ-1 0,001 %	0,4	0,3	1,5	1,9	2,0	1,5

Учет урожайности и оценка структуры урожая также свидетельствуют о стимулирующем и иммунизирующем влиянии обработки БАВ на растения томата (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность томатов сорта Ружа, обработанных БАВ (2002-2004 гг.)

Вариант	Общая		Здоровые плоды		Больные плоды		
	кг/м ²	% к контролю	кг/м ²	% к контролю	кг/м ²	% к контролю	% к общей урожайности
Вода (контроль)	4,2	100,0	3,3	100,0	0,9	100	21,4
Строби 0,02 %	6,2	147,6	5,5	166,6	0,7	77,8	11,3
Амистар 0,25 %	5,7	135,7	4,8	145,5	0,9	100	15,8
Байкал ЭМ-1 0,001%	6,2	147,6	5,6	169,7	0,6	66,7	9,7

Так, прибавка общей урожайности составила от 35,7 до 47,6 %; в пересчете только на здоровые плоды урожайность была выше по всем вариантам на 45,5÷69,7 %, а доля больных плодов в структуре урожая ниже по сравнению с контролем в 1,4÷2,2 раза. Выход семян из 1 кг плодов обработанных растений оказался несколько ниже, чем в контроле (на 1,8÷1,2 г), однако они были лучшего качества.

Отмечено увеличение в плодах сухого вещества, повышение содержания аскорбиновой кислоты и сахарозы, снижение общей кислотности и каротина, повышение сахарокислотного индекса. Полученные данные свидетельствуют о повышении лежкости и транспортабельности плодов обработанных растений, а также их вкусовых качеств. Увеличение содержания аскорбиновой кислоты может быть связано с ростом антиоксидантной активности тканей и, как следствие, устойчивости плодов к патогенам.

По мнению многих авторов, в число защитных реакций, индуцируемых патогенами (продуктами их метаболизма), входит изменение активности пероксидазы, одного из наиболее распространенных ферментов растений. Нами определена динамика активности пероксидазы у обработанных названными БАВ растений - неинфицированных и инфицированных возбудителем альтернариоза. Отмечено, что в среднем исходная активность пероксидазы (2,27÷3,81 у.е./г сырой массы) обработанных неинфицированных растений томата была ниже, чем в контроле (4,46 у.е./г сырой массы). Од-

нако инфицирование грибом *A. solani* сопровождалось во всех вариантах обработки заметным возрастанием активности пероксидазы, наиболее значительным с 4 по 7 день (табл. 4). Необходимо отметить, что на этот же период приходится и окончание инкубационного периода при поражении альтернариозом (4÷5 день).

Таблица 4

Динамика роста активности пероксидазы в инфицированных альтернариозом томатах сорта Ружа, %

Вариант	Дни после заражения					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	7-й
Вода (контроль)	104	109	156	766	439	610
Строби 0,2 %	152	168	233	845	163	1603
Амистар 0,25 %	33	133	112	143	190	329
Байкал ЭМ-1	150	496	569	926	670	495

Примечание.* Приведены значения, полученные для инфицированных растений по отношению к неинфицированным того же варианта обработки семян.

Активность пероксидазы была выше контроля (вода) на 2 и 7 день у растений, обработанных строби, препаратом Байкал ЭМ-1 - на 2, 3 и 7 день.

Следовательно, инфицирование патогенными грибами сопровождается ростом активности пероксидазы, особенно значительным у растений, обработанных строби и препаратом Байкал ЭМ-1, что согласуется с данными о более высокой устойчивости растений этих вариантов при искусственном заражении. При этом наиболее высокий рост отмечен к моменту окончания инкубационного периода, отличающийся для каждого заболевания. По-видимому, пероксидаза участвует в защитных механизмах растения, а обработка БАВ в различной степени активизирует эти процессы, достигая максимума к моменту формирования первой генерации спор в зараженном растении. Очевидно, не прекращая развития патогена в растении, рост активности пероксидазы оказывает влияние на развитие репродуктивной стадии грибов.

* * *

Таким образом, системные фунгициды строби и амистар, а также микробиологический препарат Байкал ЭМ-1, примененные для предпосевной обработки семян, а не в период вегетации растений, как это рекомендовано, оказывают существенное влияние на растения, стимулируя вегетативный рост и репродуктивную функцию, одновременно повышая устойчивость к патогенам и снижая их способность к спорообразованию. Рост активности общей пероксидазы свидетельствует об активизации у томатов механизмов устойчивости под влиянием обработки.

1. Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойкости растений. СПб., 2002.
2. Иванюк В.Г. // Проблемы иммунитета сельскохозяйственных растений к болезням. Мн., 1988. С. 196.
3. Волюнец А.П., Шуканов В.П., Полянская С.Н. Стероидные гликозиды - новые фиторегуляторы гормонального типа. Мн., 2003.
4. Castaneda P., Perez L.M. // Phytochemistry. 1996. Vol.42(3). P. 595.
5. Stevens C. et al. Plant hormesis induced by ultraviolet light-C for controlling postharvest diseases of tree fruits // Crop-Protection. 1996. Vol. 15(2). P. 129.
6. Ильинская Л.И., Васюкова Н.И., Озерецковская О.А. // Защита растений (Итоги науки и техники. ВИНИТИ АН СССР). М., 1991. Т. 7.
7. Polyxsenova V. // Sodininkysteir Darzininkyste. 1999. 18(3). P. 347.
8. Комарова Э.П. // Купревичские чтения. Мн., 1998. С. 43.
9. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Мн., 1967.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. С. 246.

Поступила в редакцию 26.06.07.

Валентина Дмитриевна Поликсенова - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой ботаники.