

6. Санкин, Л. С. Экспериментальная полиплоидия в селекции смородины и крыжовника // Отдаленная гибридизация и полиплоидия в селекции плодовых и ягодных культур: тез. докл. на секции садоводства РАСХН. – Орел, 1993. – С. 47.
7. Трунин, Л. Л. Экспериментальные полиплоиды черной смородины, смородины дикуши и крыжовника / Л. Л. Трунин // Научные достижения в практику: сб. науч. тр. – Тамбов, 1972. – С. 64-68.
8. Чувашина, Н. П. Цитогенетика и селекция отдаленных гибридов и полиплоидов смородины / Н. П. Чувашина. – Л.: Наука, 1980. – 121 с.
- УДК 635.1/8:632.937.15

ФИТОРЕГУЛЯТОРНАЯ АКТИВНОСТЬ КРИСТАЛЛОНОСНЫХ БАЦИЛЛ *BACILLUS THURINGIENSIS* BERLINER

Д. В. Войтка, Д. Э. Недзвецкая
РУП «Институт защиты растений»,
аг. Прилуки, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 12.06.2015 г.)

Аннотация. *Оценено ростостимулирующее действие кристаллоносных бацилл *Bacillus thuringiensis*, штаммы 13-91, 16-91 и 24-91 при предпосевной обработке семян огурца и томата. Отмечено улучшение посевных качеств семян – повышение энергии прорастания и лабораторной всхожести, а также увеличение морфометрических показателей проростков – длины стебля, длины корешка, сырой массы проростков.*

Summary. *Growth stimulating effect of crystal-bearing bacillus *Bacillus thuringiensis*, strains 13-91, 16-91 and 24-91 in the presowing treatment of cucumber and tomato seeds was estimated. The improvement of sowing quality of seeds – increasing germination energy and laboratory germination and seedling increase morphometric parameters - the length of the stem, root length, fresh weight of seedlings were noted.*

Введение. Регуляторы роста растений играют важную роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и широко применяются в защите растений. В основном это химические препараты, обладающие системным действием, что не способствует получению экологически чистой продукции. Поэтому актуален поиск экологически безопасных препаратов, обладающих фиторегуляторной активностью. В этом аспекте представляет научный и практический интерес поиск высокоактивных штаммов микроорганизмов с полифункциональными свойствами, обладающих не только ростостимулирующим эффектом, но и перспективных в качестве агентов биологического контроля вредных организмов.

Среди широко используемых в биологической защите растений микроорганизмов кристаллоносные бациллы *Bacillus thuringiensis* Ber-

liner (*Bt*) приобрели лидирующее положение в микробиологическом методе защиты от вредителей. Эта группа энтомопатогенных бактерий способна в процессе споруляции образовывать видоспецифические кристаллообразные включения белковой природы, которые состоят из особых термолabileных δ -эндотоксинов (дельта-эндотоксинов). *Bt* – грамм-положительные спорообразующие аэробные или факультативно анаэробные бактерии [1].

До недавнего времени бактерий *Bt* использовали только в качестве биологических агентов контроля численности популяций вредных насекомых и клещей. Однако анализ литературных источников указывает на то, что помимо этих основных свойств, метаболиты *Bt* проявляют антибактериальные и антифунгальные свойства [2-4]. Кроме того, благодаря уникальности продуктов метаболизма, бактерии *Bt* обладают фиторегуляторной активностью. Так, Климентовой Е. Г. с соавторами (2010) в полевых условиях получены данные о положительном влиянии δ -эндотоксина, синтезируемого *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* на всхожесть семян, укоренение рассады, рост, развитие, динамику формирования кочанов и продуктивность капусты белокочанной, а также на устойчивость проростков растений к черной корневой гнили [5].

В исследованиях Коробова Я. А. с соавторами (2014) установлено ростостимулирующее действие δ -эндотоксина *Bt* в отношении ювенильных проростков перца стручкового *Capsicum annuum* L. Авторами отмечено повышение биометрических (длины корня, длины листа, длины стебля, обхвата стебля, массы проростков) и биохимических (усиление синтеза гетероауксина и аскорбиновой кислоты) показателей проростков [6]. Также известно стимулирующее действие δ -эндотокси-на *Bt* на проростки фасоли и огурца [7].

Помимо δ -эндотоксина различные подвиды *B. thuringiensis* продуцируют широкий спектр биологически активных веществ: Сут-эндотоксины, β -экзотоксины, Vip-белки, χ -экзотоксин, лабильный экзотоксин, энтеротоксины, тюрингиолизин, гемолизины, фосфолипазу С (лецитиназу), или фосфатидилхолин-холинфосфогидролазу С, турицины – бактериоцины, фосфолипазу, или фосфотидил-инозитол – специфическую фосфолипазу С, цитолизины, протеазы, хитиназы. Степень изученности метаболитов *B. thuringiensis* различная – некоторые из них изучены довольно подробно, другие продолжают изучаться, открываются новые токсины.

Цель работы: изучение ростостимулирующего действия штаммов бактерий *Bacillus thuringiensis* в отношении растений огурца и томата на ювенильной стадии онтогенеза.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в лаборатории микробиологического метода защиты растений от вредителей и болезней РУП «Институт защиты растений».

В работе использовали коллекционные штаммы кристаллоносных бактерий *Bacillus thuringiensis* 13-91 (H₃), 16-91 (H₃), 24-91 (H₁₀), проявляющие инсектоакарицидную и антифунгальную активность.

Для наработки культуральной жидкости (КЖ) штаммы *Bt* культивировали жидкофазным глубинным способом на питательной среде, содержащей мелассу, дрожжевой экстракт и минеральные компоненты. Культивирование вели на качалке в колбах емкостью 750 мл при следующих параметрах: температура – +28°C, скорость вращения – 220 оборотов/мин, продолжительность культивирования – 72 часа. Образцы КЖ стандартизировали по титру, определяя количество жизнеспособных спор методом серийных разведений с последующим посевом на агаризованную питательную среду МПА.

Анализ посевных качеств семян и влияние предпосевной обработки семян штаммами *Bt* на морфометрические показатели проростков проводили на растениях огурца сорта Верасень и томата сорта Загадка. Повторность опыта – 4-кратная по 20 семян в повторности.

Для оценки ростостимулирующего действия штаммов *Bt* на растения огурца и томата использовали метод рулонов [8]. Для эксперимента семена огурца и томата предварительно подвергали стерилизации водным раствором KMnO₄ с последующим многократным промыванием стерильной водой. Затем семена обрабатывали КЖ штаммов *Bt* с титром не менее $1,5 \times 10^9$ КОЕ/мл. Семена подсушивали и раскладывали для проращивания на увлажненную фильтровальную бумагу, формируя рулоны. В качестве контроля служили семена, обработанные стерильной водой. Посевные качества – энергию прорастания и лабораторную всхожесть – семян огурца оценивали на 3-и и 7-е сутки, томата – на 6-е и 10-е сутки соответственно [9].

При морфометрическом анализе измеряли длину корня и стебля, анализировали сырую массу проростков.

Полученные экспериментальные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа, используя пакет статистической обработки данных MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Качество посевного материала играет важную роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Прорастание семян является критическим этапом онтогенеза растительного организма и во многом обеспечивает выживаемость вида. Поэтому улучшение посевных качеств семян яв-

ляется одной из основных задач получения высоких и стабильных урожаев.

Оценка посевных качеств семян огурца и томата показала, что предпосевная обработка культуральной жидкостью штаммов *Bt* способствовала повышению энергии прорастания семян огурца, которая варьировала от 95% (КЖ штамма *Bt* 24-91) до 100% (КЖ штаммов *Bt* 13-91, 16-91), тогда как в контроле данный показатель не превышал 85% (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние предпосевной обработки семян огурца и томата культуральной жидкостью штаммов *B. thuringiensis* на посевные качества семян (метод рулонов, 2014 г.)

Вариант опыта (штамм <i>Bt</i>)	Культура			
	Огурец, сорт <i>Верасень</i>		Томат, сорт <i>Загадка</i>	
	Е, %	Л, %	Е, %	Л, %
<i>Bt</i> 13-91	100	100	96,7	56,4
<i>Bt</i> 16-91	100	100	90,0	60,3
<i>Bt</i> 24-91	95	95	95,0	65,3
Контроль	85	75	80,0	41,0

Примечание – Е – энергия прорастания, Л – лабораторная всхожесть

Более выраженное стимулирующее действие отмечено по показателю «лабораторная всхожесть». Так, в вариантах с предпосевной обработкой семян огурца КЖ штаммов *Bt* лабораторная всхожесть составила от 95 (для штамма *Bt* 24-91) до 100% (для штаммов *Bt* 13-91 и *Bt* 24-91), в то время как в контроле данный показатель составил 75%.

В отношении растений томата тенденция стимулирующего влияния предпосевной обработки КЖ кристаллоносных бацилл *Bt* сохранялась: энергия прорастания повышалась на 10-16,7%. При низкой лабораторной всхожести использованной в экспериментальных исследованиях партии семян томата (41,0%) предпосевная обработка КЖ *Bt* способствовала повышению данного показателя на 15,4-24,3%.

Таким образом, результаты исследований показали, что применение кристаллоносных бацилл *Bt* для предпосевной обработки семян огурца и томата способствует улучшению важнейших посевных качеств семян – энергии прорастания (дружности прорастания семян) и лабораторной всхожести (количества нормально проросших семян).

На следующем этапе исследований ростостимулирующее действие кристаллоносных бацилл оценивали по их влиянию на морфометрические показатели проростков растений огурца и томата. Биометрические исследования позволили выявить статистически достоверные изменения по ряду показателей в сравнении с контролем. Так, длина стебля проростка растений огурца варьировала от 134,2 мм (при обработке КЖ штамма *Bt* 16-91) до 143,5 мм (при обработке КЖ

штамма *Bt* 13-91), в контроле данный показатель составил 95,6 мм (таблица 2).

Длина корня варьировала от 90,8 мм (при обработке КЖ штамма *Bt* 24-91), что было незначительно выше варианта без обработки, до 110,3 мм (при обработке КЖ штамма *Bt* 16-91).

Сырая масса проростков превышала данный показатель контроля (0,310 г) и достигала 0,412 г для штамма *Bt* 16-91 и 0,397 г для штамма *Bt* 13-91.

Таблица 2 – Влияние предпосевной обработки семян огурца культуральной жидкостью штаммов *B. thuringiensis* на морфометрические показатели проростков (*in vitro*, 2014 г.)

Вариант опыта (штамм <i>Bt</i>)	Длина стебля, мм	Длина корня, мм	Сырая масса проростка, г
<i>Bt</i> 13-91	143,5±36	93,3±21	0,397±0,09
<i>Bt</i> 16-91	134,2±18	110,3±29	0,412±0,06
<i>Bt</i> 24-91	138,1±24	90,8±16	0,384±0,06
Контроль	95,6±18	87,0±15	0,310±0,11

Анализ морфометрических показателей проростков томатов также позволил выявить стимулирующее действие штаммов *Bt*. Статистически достоверные изменения в сравнении с контролем установлены по длине стебля, которая колебалась от 31,7 мм (при обработке КЖ штамма *Bt* 13-91) до 41,5 мм (при обработке КЖ штамма *Bt* 16-91), в контроле данный показатель не превышал 19,3 мм (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние предпосевной обработки семян томата культуральной жидкостью штаммов *B. thuringiensis* на морфометрические показатели проростков (*in vitro*, 2014 г.)

Вариант опыта (штамм <i>Bt</i>)	Длина стебля, мм	Длина корня, мм	Сырая масса проростка, г
<i>Bt</i> 13-91	31,7±5,78	18,5±3,07	0,117±0,035
<i>Bt</i> 16-91	41,5±8,06	24,1±4,35	0,100±0,027
<i>Bt</i> 24-91	39,5±8,33	18,3±3,78	0,092±0,015
Контроль	19,3±5,63	7,1±0,96	0,007±0,001

Длина корня проростков томата варьировала от 18,3 мм (при обработке КЖ штамма *Bt* 24-91) до 24,1 мм (при обработке КЖ штамма *Bt* 16-91). В вариантах с КЖ *Bt* отмечено интенсивное увеличение биомассы. Сырая масса проростков превышала данный показатель контроля (0,007 г) и достигала 0,117 г при обработке штаммом *Bt* 13-91 и 0,100 г – штаммом *Bt* 16-91.

Полученные результаты позволили выявить, что влияние предпосевной обработки семян КЖ *Bt* на морфометрические показатели про-

ростков было в большей степени выражено в отношении растений томата.

Анализ различий фиторегуляторной активности изученных штаммов не выявил значительной межштаммовой дифференциации, что свидетельствует о том, что все изученные штаммы могут быть использованы в дальнейших биотехнологических и производственных исследованиях.

Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что предпосевная обработка семян огурца и томата КЖ штаммов *Bt* способствует более эффективному прорастанию семян – переходу из состояния покоя к вегетативному росту зародыша и активному образованию из него проростка.

Заключение. На основании проведенных исследований установлено, что штаммы кристаллоносных бактерий *Bacillus thuringiensis* 13-91, 16-91 и 24-91 обладают ростостимулирующим эффектом по отношению к растениям огурца и томата на ювенильной стадии онтогенеза. Оценка влияния предпосевной обработки семян огурца и томата КЖ штаммов *Bt* показала статистически достоверное в сравнении с вариантом без обработки увеличение морфометрических показателей (длины стебля, длины корешка, сырой массы проростка), а также улучшение посевных качеств семян – повышение энергии прорастания и лабораторной всхожести.

Полученные результаты являются основой для разработки экологически безопасных препаратов полифункционального действия, обладающих, наряду с защитными свойствами, и ростостимулирующим эффектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кандыбин, Н. В. Микробиоконтроль численности насекомых и его доминанта *Bacillus thuringiensis* / Н. В. Кандыбин [и др.] / Под ред. Н. В. Кандыбина – С.-Пб., Пушкин, 2009. – 244 с.
2. Смирнов, О. В. Полифункциональная активность *Bacillus thuringiensis* / О. В. Смирнов, С. Д. Гришечкина // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – №3 – С.123-126.
3. Терпиловский, М. А. Климентова Е. Г. Влияние дельта-эндотоксинов *B. thuringiensis* на жизнеспособность спор *F. oxysporum* и *P. infestans* // Научные достижения биологии, химии, физики: мат. междунар. заоч. науч.-практ. конф. – 7 ноября 2012 г. Новосибирск. Изд-во «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. – С. 27-31.
4. Юдина, Т. Г. Действие эндотоксинов четырёх подвидов *Bacillus thuringiensis* на различных прокариот / Т. Г. Юдина, Л. И. Бурцева // Микробиология. – 1997.– Т.66, №1. – С. 25-31.
5. Климентова, Е. Г. Перспективы использования дельта-эндотоксина *Bacillus thuringiensis* как биорегулятора роста растений с фитозащитными свойствами / Е. Г. Климентова [и др.] // Агро XXI – 2010. – № 4-6. – С. 31-33.
6. Коробов, Я. А. Ростостимулирующий эффект дельта-эндотоксина *Bacillus thuringiensis* в отношении ювенильных растений перца стручкового / Я. А. Коробов, Д. В. Каменёк, Л.

- К. Каменёк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 11 (121). – 2014. – С. 14-19.
7. Терёхина, Л. Д. Дельта-эндотоксин *Bacillus thuringiensis* как стимулирующий агент развития ювенильных растений *in vitro* / Л. Д. Терёхина, Д. А. Терёхин // Материалы 12-й Междунар. Пушинской конф. – Пушино, 2008. – С. 229-230.
8. Гар, К. А. Методы испытания токсичности и эффективности инсектицидов / К. А. Гар. – Москва. Изд-во сель-хоз. лит-ры, журналов и плакатов, 1963. – 280 с.
9. ГОСТ 123038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – Москва: Минсельхоз СССР, 1986. – С. 29.

УДК 633.19:631.84:631.559(476)

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ

А. А. Дудук, П. Л. Тарасенко, Н. И. Таранда

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 11.06.2015 г.)

Аннотация. Исследованиями, проведенными в 2011-2013 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве, установлено, что при возделывании озимой тритикале после однолетних бобово-злаковых трав, оптимизации минерального питания растений и фитосанитарного состояния посевов целесообразно применять вместо традиционной отвальной обработки энергоберегающую безотвальную или поверхностную обработку почвы с использованием высокопроизводительных чизельных и дисковых почвообрабатывающих орудий, которая обеспечивает практически одинаковую урожайность, позволяет сократить затраты, ускорить выполнение сложнейшего вида сельскохозяйственных работ.

Summary. The studies conducted in 2011-2013 on sod-podzolic sandy loam soil showed that the cultivation of winter triticale after annual legumes let to optimize the mineral nutrition of plants and phytosanitary state of the crops. It is necessary to appropriate to apply energy-saving subsurface or surface treatment of soil using high-performance disk and chisel tillage instead of the traditional moldboard processing/ It is possible to receive practically the same yields, to reduce costs and to speed up the complex kind of agricultural work.

Введение. Обработка почвы и удобрения оказывают всестороннее влияние на процессы, протекающие в почве, на рост, развитие растений и формирование урожая. В настоящее время повсеместно в севооборотах применяется отвальная обработка, которая имеет ряд недостатков, т. к. ведет к быстрому разложению органического вещества, способствует распылению почвы, образованию плужной подошвы и к