

Заключение

Таким образом, поражение посевов тритикале озимого розовой снежной плесенью обнаружено в семи из девяти лет исследований. Максимальное развитие болезни отмечено весной 2013 г. Учитывая нарушение севооборотов и общей культуры земледелия, по нашему мнению, интенсивному поражению посевов кроме метеорологических факторов способствовало накопление источников инфекции в предыдущие годы. Поскольку возбудитель болезни находится в агроценозах в течение всего вегетационного периода, вызывая поражения различных частей растений, особое внимание необходимо уделять мониторингу болезни и принятию мер, среди которых на первое место выходят организационно-хозяйственные и агротехнические.

Литература

1. Samuels, G.J. *Microdochium stoveri* and *Monographella stoveri*, new combinations for *Fusarium stoveri* and *Micronectriella stoveri* / G.J. Samuels, I.C. Hallett // *Transactions of the British Mycological Society.* – 1983. – V. 81, № 3. – P. 473–483.
2. Самохина, И.Ю. Изучение патогенной микобиоты на колосьях и листьях озимой ржи в Московской области / И.Ю. Самохина // *Материалы конф. Микология и альгология* – М., 2004. – С. 118–119.
3. Gulbis, K. Seed infection of cereals and efficacy of fungicides for seed treatment in Latvia / K. Gulbis, B. Javoisha, O. Treikale // *11th Conference of the European Foundation for Plant Pathology - Healthy plants – healthy people.* Kraków. – 2014. – P. 279.
4. Loos, R. Occurrence and distribution of *Microdochium nivale* and *Fusarium* species isolated from barley, durum and soft wheat grains in France from 2000 to 2002. / R. Loos, A. Belhadj, M. Menez // *Mycopathol.* – 2004. – V. 158. – P. 351–362.
5. Stefánsson, T.S. Analysis of the species diversity of leaf pathogens in Icelandic barley fields / T.S. Stefánsson, J.H. Hallsson // *ICEL. AGRIC. SCI.* – 2011. – V. 24. – P. 13–22.
6. *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* in seed samples of Danish small grain cereals / L.K. Nielsen [et al.] // *Crop Protection.* – 2013. – V. 43. – P. 192–200.
7. Hsiang, T. Fungicide efficacy of propiconazole on *Typhula incarnata* and *T. ishikariensis*, causal agents of gray snow mold / T. Hsiang, S. Cook // *Annual Research Report Guelph Turfgrass Institute.* – 1995. – P. 115–116.
8. A snow mold fungus *Typhula incarnata* from the Faroe Islands / T. Hoshino [et al.] // *Acta Botanica Islandica.* – 2004. – № 14. – P. 71–76.
9. Hsiang, T. Biology and management of *Typhula* snow mold of turfgrass / T. Hsiang, N. Matsumoto, S.M. Millett // *Plant Disease.* – 1999. – V. 83, № 9. – P. 788–798.

10. Jung, G. Distribution of *Typhula* species and varieties in Wisconsin, Utah, Michigan, and Minnesota / G. Jung, S.W. Chang // *GCM.* – 2008. – № 1. – P. 170–175.
11. Chang, S.W. Aggressiveness of three snow mold fungi on creeping bentgrass cultivars under controlled environment conditions / S.W. Chang, G. Jung // *Plant Pathol. J.* – 2009. – V. 25. – P. 6–12.
12. Ткаченко, О.Б. Снежные плесени: развитие представлений и способы защиты растений (обзор) / О.Б. Ткаченко, А.В. Овсянкина, А.Г. Щуковская // *Сельскохозяйственная биология.* – 2015. – Т. 50, № 1. – С. 16–29.
13. Заушинцева, А.В. Болезни озимой ржи в таежной зоне Западной Сибири / А.В. Заушинцева, П.Н. Бражников, А.Б. Сайнакова // *Вестник Алтайского гос. аграрн. ун.* – 2011. – № 2 (76). – С. 35–39.
14. Трофимова, Ю.Б. Параметры вредоносности снежной плесени и устойчивость сортов озимой ржи к болезни / Ю.Б. Трофимова, Н.А. Бома // *Вестник защиты растений.* – 2006. – Вып. 1. – С. 33–36.
15. Горьковенко, В.С. Вредоносность гриба *Microdochium nivale* в агроценозе озимой пшеницы / В.С. Горьковенко, Л.А. Оберюхтина, Е.А. Куркина // *Защита и карантин растений.* – 2009. – № 1. – С. 34–36.
16. Лісничий, В.А. Моніторинг ринку зерна тритикале в Україні і світі: стан, проблеми, тенденції розвитку / В.А. Лісничий, В.М. Тимчук, І.П. Пазія [Електронний ресурс] // *Вісник Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва, Серія "Економічні науки".* – 2010. – № 6. – 8 с. – Режим доступу: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/V-Harkivskogo-NAU/V-Harkivskogo-NAU_ekonom/2010_6/pdf/6_14.pdf.
17. Буга, С.Ф. Видовой состав грибов, поражающих озимое тритикале в условиях Беларуси / С.Ф. Буга, А.Г. Жуковский // *Современная микология в России. Тез. докладов второго съезда микологов России.* – М., 2008. – Т. 2. – С. 168.
18. Жуковский, А.Г. Чувствительность изолятов гриба *Fusarium nivale*, возбудителя снежной плесени озимой тритикале, к протравителям / А.Г. Жуковский // *Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук.* – 2005. – № 5. – С. 109–111.
19. Макарова, Л.А. Погода и болезни культурных растений / Л.А. Макарова, И.И. Минкевич. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 144 с.
20. Куперман, Ф.М. Вызревание озимых культур / Ф.М. Куперман, В.А. Моисейчик. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 168 с.
21. Гребенюк, Н. Нове про зміну глобального та регіонального клімату в Україні на початку XXI ст. / Н. Гребенюк, Т. Корж, А. Яценко // *Водне господарство України.* – 2002. – № 5–6. – С. 32–44.
22. Левитин, М.М. Защита растений от болезней при глобальном потеплении / М.М. Левитин // *Защита и карантин растений.* – 2012. – № 8. – С. 16–17.
23. Санин, С.С. Методические указания по проведению производственных демонстрационных испытаний средств и методов защиты зерновых культур от болезней / С.С. Санин, Н.П. Неклеса // *Приложение к журналу "Защита и карантин растений"* – 2004. – 25 с.

УДК 591.95 + 630.4 + 632.6 + 632.7 (476)

Современные тренды динамики географического распространения на территории Беларуси инвазивных видов беспозвоночных-фитофагов

С.В. Буга, доктор биологических наук, Д.Г. Жоров, О.В. Синчук, аспиранты Белорусский государственный университет

(Дата поступления статьи в редакцию 27.04.2016 г.)

*Выполнен анализ текущих трендов географического распространения в Беларуси инвазивных видов растительноядных беспозвоночных животных – вредителей сельскохозяйственных и декоративных культур, а также ресурсных растений. На основании специфики распространения по территории Беларуси выявлено 10 групп инвайдеров. Кавказский черноголовый слизень (*Krynickyllus melanocephalus* (Kal.)), западный кукурузный жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) и люпиновая тля (*Macrosiphum albifrons* Essig) – наиболее опасные вредители сельскохозяйственных культур и товарных овощей.*

Введение

Понятие «биологических инвазий» распространяется как на случаи прямого расселения организмов человеком (целенаправленная интродукция, непреднамеренный завоз и пр.), так и предобусловленной разнообразной деятельностью человека «естественной» экспансии живот-

*We have carried out the analysis of current geographical distribution for invasive species of herbivorous invertebrates damage agricultural crops, ornamental and resource plants. On the base of specifics of spread dynamics over the territory of Belarus they have been divided on 10 groups of invaders. Caucasian black slug (*Krynickyllus melanocephalus* (Kal.)), western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) and lupine aphid (*Macrosiphum albifrons* Essig) are the most dangerous invasive pests of agricultural crops and vegetables.*

ных за пределы естественно исторически сложившихся ареалов. Следует учитывать, что естественное, на первый взгляд, расширение ареалов, наблюдаемое в настоящее время, может явиться отдаленным результатом деятельности человека (уничтожение им местообитаний). Натурализация чужеродных для региональной фауны

видов может иметь серьезные хозяйственные и иные последствия. В частности, это нанесение прямого вреда человеку и домашним животным (ужаления инвазивными перепончатокрылыми насекомыми, провоцирование аллергических и энтомофобических реакций при непосредственном контакте и т. п.); перенос возбудителей болезней человека, домашних и диких животных; повреждение культивируемых и дикорастущих хозяйственно ценных растений, продукции растениеводства и запасов; биоповреждения строений и других объектов; перенос возбудителей заболеваний растений; необходимость применения химических средств борьбы с ними и связанные с этим издержки; карантинные и торговые ограничения и пр. [1]. Расселение чужеродных видов носит глобальный характер и опосредовано ведет к сокращению регионального видового разнообразия [2], трактуясь, порой, как особый вид антропогенного загрязнения среды [3, 4].

В силу интенсивных трансграничных грузопотоков и ряда других обстоятельств, проблема биологических инвазий чужеродных видов имеет исключительно большое значение и для Республики Беларусь. При этом одной из первостепенных задач исследований является организация мониторинга инвазионных процессов. Такой мониторинг необходим для выявления инвайдеров, определения инвазионных коридоров, установления скорости проникновения чужеродных видов в новые экосистемы, прогноза новых инвазий и разработки превентивных мер контроля за нежелательными вселенцами [5].

В предшествующий период в республике серьезное внимание уделялось исследованию чужеродных для фауны Беларуси гидробионтов, а также целенаправленно интродуцированных водных и наземных позвоночных животных (енотовидная собака, некоторые виды рыб и т. д.) [5], тогда как среди наземных беспозвоночных оно было сосредоточено на некоторых группах членистоногих, имеющих в своем составе карантинных и иных вредителей культивируемых растений [6].

Важнейшим результатом исследований феномена биологических инвазий является наработка научного базиса прогнозирования хода развития этого процесса на перспективу применительно к определенным географическим регионам Республики Беларусь, территории которой пересекают трансконтинентальные транспортные коридоры, что создает предпосылки для роста числа инвайдеров, имеющих серьезное экономическое и экологическое значение. Это делает задачу прогнозирования биологических инвазий практически значимой при сохранении ее очевидной научной актуальности. При этом, важно иметь в виду состояние популяций инвайдеров, которые вошли в фауну Беларуси в предшествующие десятилетия, в том числе – в течение прошлого столетия.

Результаты выполненных в 2011–2015 гг. исследований в рамках задания «Анализ современных трендов динамики распространения беспозвоночных-фитофагов с целью прогноза инвазий на территорию Республики Беларусь и ее регионов вредителей культивируемых и ресурсных видов растений» (подпрограмма «Биоразнообразие, биоресурсы, экотехнологии» и проект БРФФИ № Б16-063), с учетом итогов предшествующих работ по проблематике фауногенеза и экологии фитофагов, позволили выделить в рецетной фауне Беларуси группы инвазивных видов растительоядных наземных беспозвоночных, демонстрирующих различные тренды динамики географического распространения.

1. Инвайдеры, в прежние годы демонстрировавшие широкое распространение по территории республики, но к настоящему времени не регистрируемые в ходе целенаправленных обследований. В частности, черемухово-пикульниковая тля (*Myzus padellus* H.R.L. et Rog.) в 80-е годы прошлого столетия принадлежала к числу массовых

в условиях разного типа насаждений и лесных массивов в окрестностях г. Минска форм [7], но в течение последнего десятилетия ни разу не регистрировалась.

2. Инвайдеры, локально вторгшиеся (вторгающиеся) на территорию страны, чье распространение активно сдерживается целенаправленными защитными мероприятиями. Примером может служить являющийся объектом внешнего карантина [8] западный кукурузный жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte): благодаря целенаправленной работе специалистов Института защиты растений во главе с профессором Л.И. Трепашко был разработан комплекс мер по сдерживанию инвазий [9–15], включающий мониторинг и массивированные искореняющие обработки вредителя, которые позволили затормозить этот процесс.

3. Инвайдеры, имеющие ограниченное распространение на территории Беларуси и сокращающие здесь свой ареал. Представителями данной группы являются, в частности, тли, развивающиеся на жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.), которая широко использовалась при закладке зеленых изгородей, в частности, железнодорожных остановочных пунктов. В последнее время эти насаждения реконструируются или раскорчевываются, а в новозакладываемых *L. tatarica* больше не используется, так как не входит в ассортимент продукции дендропитомников. В результате за последние десятилетия в Беларуси не было регистраций *Semiaphis lonicerina* Shap., а *Hyadaphis tataricae* Aiz. отмечается все реже вследствие снижения распространенности растения-хозяина. Нет оснований полагать, что описанный тренд в ближайшее время будет изменен.

4. Инвайдеры, имеющие локальное распространение на территории Беларуси при стабильных границах ареала. Это фитофаги, местообитания которых сконцентрированы в одном или нескольких локалитетах вследствие ограниченности местопроизрастаний растений-хозяев. В частности, тля *Myzocallis komareki* Pašek отмечена только в насаждениях Центрального ботанического сада НАН Беларуси на ограниченном количестве произрастающих там экземпляров дуба пушистого (*Quercus pubescens* Willd.), а *Eulachnus rileyi* Will. – сосны крымской (*Pinus pallasiana* Lamb.). Расширение их точечных ареалов возможно лишь при соответствующем расширении присутствия в насаждениях вышеуказанных растений-хозяев, предпосылки для которого в настоящее время не просматриваются. То, что это действительно важно, подтверждает пример буковой опушенной тли (*Phyllaphis fagi* L.), которая к настоящему времени регистрируется не только в арборетуме ботанического сада, но и в недавно заложенных в окрестностях г. Минска насаждениях с участием декоративных форм бука (*Fagus sylvatica* L.).

5. Инвайдеры, имеющие ограниченный ареал и постепенно расширяющие свое распространение по всей Беларуси. Характерным представителем данной группы является цикадка *Igutettix oculata* (Lindb.), отмечаемая в насаждениях ряда городов и других населенных пунктов страны. Основным способом расселения этого вида является перемещение с посадочным материалом сиреней.

6. Инвайдеры, имеющие локальное распространение, которые в ближайшие годы сформируют широкий, но мозаичный ареал. Такой тренд расширения ареала можно прогнозировать для кавказского черноголового слизня - *Krynickyllus melanocephalus* (Kal.), который расселется с перевозимой наземным транспортом овощной продукцией. К настоящему времени на территории Беларуси выявлены лишь 4 его локалитета (гг. Барановичи, Витебск, Минск, к. п. Нарочь). При целенаправленных обследованиях регистрации этого инвайдера ожидаемы прежде всего в населенных пунктах, где развита сеть торговых точек с широким поступлением овощной продукции. Одновре-

менно будут расширяться площади уже имеющих локалитетов *K. melanocephalus*.

7. Инвайдера, имеющие локальное распространение, которые в ближайшие годы сформируют широкий сплошной ареал на всей территории страны. К данной категории может быть отнесена люпиновая тля (*Macrosiphum albifrons* Essig). К настоящему времени вид регистрируется спорадично в западном и центральном районах Беларуси. Повсеместное распространение в сосновых и иных типов лесах люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) предоставляет благоприятную возможность *M. albifrons* расселиться по всей стране.

8. Инвайдера, имеющие широкое распространение, которые в ближайшие годы осуществят экспансию на всю пригодную для заселения территорию страны. В частности, ожидается завершение расселения по территории Беларуси верхнесторонней минирующей моли (*Parectopa robinella* Clem.) с северной границей, повторяющей северную границу распространения (присутствия в зеленых насаждениях) робинии обыкновенной (*Robinia pseudacacia* L.).

Предложенное деление инвайдеров, уже осуществивших экспансию, на группы с соответствующими трендами географического распространения на территории страны следует дополнить чужеродными для фауны Центральной и Восточной Европы видами беспозвоночных, которые в ближайшие годы способны проникнуть на территорию Беларуси.

9. Инвайдера, осуществляющие сезонную колонизацию ограниченных территорий отдельных регионов. Характерным представителем данной группы является тля *Dysaphis pyri* (Boyer de Fonscolombe), которая регулярно регистрируется в летние месяцы на груше в юго-восточных регионах Литвы (Вильнюс и его окрестности) [16], то есть в непосредственной близости от границ Беларуси, которые могут быть преодолены в какой-то из ближайших вегетационных сезонов.

10. Инвайдера, в настоящий период осуществляющие экспансию на территорию сопредельных Республике Беларусь регионов Европы, которые в ближайшем будущем проникнут на ее территорию. В частности, уже в течение полевых сезонов 2016–2018 гг. можно прогнозировать экспансию с востока ясеневой изумрудной златки (*Agrilus planipennis* Fairm.). Исходно вид был ограничен в своем распространении лиственными лесами Корейского полуострова, Северо-Восточного Китая, Японии, Монголии, Тайваня, дальневосточных регионов России. В пределах своего первичного ареала повреждает ясеню (*Fraxinus* spp.), а также некоторые другие древесные породы (*Juglans mandshurica* Maxim., *Pterocarya rhoifolia* Siebold & Zucc., *Ulmus* spp.) [17]. Первые находки данного вида в европейской части России (в ряде районов Москвы) были сделаны в 2003–2006 гг. [18]. К настоящему времени данный вид расширяет распространение в европейской части России, проникнув в Смоленскую и Орловскую области [19]. К 2013 г. скорость распространения златки оценивалась в 30–42 км в год, однако она постоянно растет – от 4 км в год в 2005 г. до 42 км в год в 2012 г. [20]. Предполагается, что ареал ясеневой изумрудной златки мог достигнуть границ Республики Беларусь [21], однако выполненные нами в период полевых сезонов 2013–2015 гг. обследования линейных насаждений ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) вдоль транспортных путей, а также растений ясеня как в зеленых насаждениях, так и естественных лесных массивах (более детализированное – в восточных регионах республики, пограничных со Смоленской и Брянской областями России) не выявили ни самого вредителя, ни признаков повреждения им растений разного возраста. Однако си-

туация с высокой долей вероятности изменится уже в ближайшие годы, что угрожает ясеню при произрастании как в разного типа насаждениях (например, линейных посадках вдоль автомобильных и железных дорог), так и лесных массивах.

Среди указанных выше представителей выделенных групп инвазивных фитофагов наибольшую опасность представляют кавказский черноголовый слизень (*K. melanocephalus*) – как вредитель овощных культур, а также товарных овощей, западный кукурузный жук (*D. virgifera virgifera*) – как вредитель посевов кукурузы, люпиновая тля (*M. albifrons*) – как вредитель люпина и переносчик вирусных болезней бобовых культур.

Заключение

Описанные выше тренды динамики географического распространения на территории Беларуси инвазивных видов беспозвоночных-фитофагов иллюстрируют как разноплановость ситуации с инвазиями наземных беспозвоночных животных на территорию страны, так и высокую актуальность слежения за популяциями инвайдеров с целью разработки мер по снижению неблагоприятных последствий инвазий отдельных чужеродных для региональной фауны видов – опасных вредителей культивируемых и ресурсных растений.

Литература

1. Буга, С.В. Чужеродные виды растений и животных во флоре и фауне Беларуси / С.В. Буга. – Минск: БГУ, 2011. – 22 с.
2. Зайцев, В.Ф. Биометод и биоразнообразие / В.Ф. Зайцев, С.Я. Резник // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – С. 44–53.
3. Проблема антропогенного вселения чужеродных организмов в водоемы бассейна Финского залива / А.Ф. Алимов [и др.] // Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 1997 году. Справочно-аналитический обзор. – СПб., 1998. – С. 243–249.
4. Ижевский, С.С. Чужеземные насекомые как биоагрессоры / С.С. Ижевский // Экология. – 1995. – № 2. – С. 119–123.
5. Семенченко, В.П. Проблема чужеродных видов в фауне и флоре Беларуси / В.П. Семенченко, А.В. Пугачевский // Наука и инновации. – 2006. – № 10 (44). – С. 15–20.
6. Буга, С.В. Проблема инвазий насекомых-фитофагов – вредителей растений: краткая история и перспективы исследований в Беларуси / С.В. Буга // I Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы энтомологии Восточной Европы», г. Минск, 8–10 сентября 2015 г. – Минск: Экоперспектива, 2015. – С. 60–64.
7. Буга, С.В. Дендрофильные тли Беларуси / С.В. Буга. – Минск: БГУ, 2001. – 98 с.
8. Перечень вредителей, болезней растений и сорняков, которые являются карантинными объектами для Республики Беларусь в соответствии с Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 19 ноября 2010 года № 84 «О внесении изменений в постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 27 сентября 2006 г. № 57». Зарегистрирован в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 29 ноября 2010 года. Регистрационный № 8/23001.
9. Трешако, Л.И. Западный кукурузный жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) – новый опасный вредитель кукурузы в Европе / Л.И. Трешако // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 1. – С. 53–56.
10. Трешако, Л.И. Западный кукурузный жук – потенциальная угроза посевам кукурузы в Беларуси / Л.И. Трешако, И.А. Голунов, С.В. Надточаева // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 5. – С. 9–14.
11. Трешако, Л.И. Опасный карантинный вредитель кукурузы западный кукурузный жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) на территории Республики Беларусь / Л.И. Трешако, И.А. Голунов, С.В. Надточаева // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 5. – С. 69–70.
12. Трешако, Л.И. Опасные вредители кукурузы в Беларуси / Л.И. Трешако, С.В. Надточаева, В.В. Головач // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 3. – С. 44–50.
13. Трешако, Л.И. Комплексная стратегия защиты кукурузы от опасных вредителей / Л.И. Трешако, С.В. Надточаева, В.В. Головач // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 74–80.
14. Трешако, Л.И. Опасный карантинный вредитель кукурузы западный кукурузный жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в Беларуси [Текст] / Л.И. Трешако, С.В. Надточаева // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 4. – С. 63–66.

15. Кукурузный жук *Diabrotica* – неизбежная угроза / Л.И. Трепашко [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 1 (153). – С. 56–59.
16. Rakauskas, R. Recent changes in aphid (Hemiptera, Sternorrhyncha: Aphididae) fauna of Lithuania: an effect of global warming? / R. Rakauskas // Ekologija. – 2004. – № 1. – P. 1–4.
17. Ижевский, С.С. Угрожающие находки ясеневой изумрудной узкотелой златки *Agrilus planipennis* в Московском регионе: Жуки и колеоптерологи [Электронный ресурс] – 2007. – Режим доступа: <http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/agrplaiz.htm>. – Дата доступа: 19.11.2015.
18. Волкорвич, М.Г. Узкотелая златка *Agrilus planipennis* – новый опаснейший вредитель ясеней в европейской части России: Жуки и колеоптерологи [Электронный ресурс] – 2007. – Режим доступа: http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/eab_2007.htm. – Дата доступа: 11.11.2015.
19. Орлова-Беньковская, М.Я. Европейский ареал жука *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) расширяется: зона массовой гибели ясеня охватила северо-западное Подмосковье и часть Тверской области / М.Я. Орлова-Беньковская // Российский журнал биологических инвазий. – 2013. – № 4. – С. 49–57.
20. Distribution, impact and rate of spread of emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the Moscow region of Russia / N.A. Straw [et al.] // Forestry. – 2013. – No. 86. – P. 515–522.
21. A high-resolution map of emerald ash borer invasion risk for Southern Central Europe / V. Valenta [et al.] // Forests. – 2015. – N. 6 (9). – P. 3075–3086.

УДК 623.6; 579.841.11

Индукция генов защитного ответа в листьях картофеля при бактериальной инфекции и обработке глифосатом

Х. Пасалари, аспирант, О.М. Третьякова, кандидат биологических наук,
А.Н. Евтушенко, доктор биологических наук
Белорусский государственный университет

(Дата поступления статьи в редакцию 20.04.2016 г.)

Определяли уровни экспрессии генов защитных белков в листьях картофеля при бактериальной инфекции и обработке глифосатом методом ПЦР в реальном времени. Показано, что обработка трансгенных растений глифосатом индуцирует в листьях экспрессию генов защитных белков. При заражении обработанных глифосатом растений фитопатогенными бактериями уровни индукции генов защитного ответа возрастают примерно в 2 раза. Предполагается, что обработка трансгенных растений глифосатом способствует повышению их резистентности к патогенам.

Введение

Создание и использование генно-инженерных организмов в селекции новых сортов растений ведет к увеличению продуктивности, повышению качества продукции, способствуя улучшению экологической обстановки [1]. Как известно, реакции растений на инфицирование или раневой стресс связаны с индукцией генов, кодирующих защитные белки. Эти гены принято называть генами защитного ответа (*PR*-гены). Характер экспрессии *PR*-генов как видо-, так и органоспецифичен. И хотя индукция генов, кодирующих защитные белки, описана для ряда растительных систем, до последнего времени мало было известно о подобных генах в клубнях и листьях картофеля. *PR*-белки – это особый класс защитных белков, которые экспрессируются в ответ на стрессовые воздействия и инфекцию патогена. *PR*-белки (pathogenesis-related proteins) обнаружены у многих видов растений, и в настоящее время описанные белки отнесены к 17 семействам [2]. В разных источниках упоминается, что *PR*-белки содержатся в межклетниках, плазмодесмах, цитоплазме и в вакуолях клетки, встречаются в кислом соке [3], гуттационной жидкости, не транспортируются по растению [4]. В инфицированных клетках растения идет синтез данных белков *de novo*. Как правило, *PR*-белки выделяются в апопласт и действуют кооперативно, разрушая клеточную стенку патогена [5]. *PR*-белки участвуют в формировании приобретенной системной устойчивости SAR (systemic acquired resistance). Показано, что многие *PR*-белки обладают фунгицидной и бактерицидной активностью *in vivo* и *in planta* [6]. Некоторые *PR*-белки обладают антифризной активностью [7]. Впервые эти белки были обнаружены у растений табака, проявляющих реакцию сверхчувствительности в ответ на инокуляцию вирусом табачной мозаики [4]. Позднее была показана индукция *PR*-белков в

The protective proteins genes expressive levels are determined in potato leaves at bacterial infection and glyphosate treatment by real time PCR method.

It is shown that transgenic plants treatment by glyphosate induces the expression in protective proteins genes leaves. At glyphosate treated plants contamination by phytopathogenic bacteria the protective answer genes induction levels are increased approximately two times. It is supposed that transgenic plants treatment by glyphosate facilitates their resistance increase to pathogens.

ответ на поражение растений грибами, вирусами и вироидами, а также в ответ на проникновение нематод и насекомых. Данные белки являются одним из звеньев в механизмах неспецифической устойчивости растений. Роль *PR*-белков при патогенезе значительна и разнообразна.

На картофеле (*Solanum tuberosum*) было показано, что устойчивость сорта картофеля к возбудителю мокрой гнили (*Pectobacterium carotovorum*) связана с интенсивностью синтеза *PR*-белков: у картофеля устойчивого сорта Скарб экспрессия гена *PR-5* была значительно выше, чем у восприимчивого сорта Веснянка [8]. Связь между накоплением *PR*-белков и развитием приобретенной устойчивости привела к предположению, что они являются маркерами этой устойчивости. Было показано, что накопление этих белков коррелирует с развитием системной приобретенной устойчивости растений [9].

Ген *aroA* кодирует 5-енолпирувилшкимат-3-фосфат синтазу (EPSPS). Данный фермент, локализованный в пластидах растений, катализирует предпоследнюю реакцию шикиматного пути и необходим для синтеза ароматических аминокислот в бактериях, грибах и растениях [10]. Создание растений, устойчивых к широко используемому во всем мире гербициду глифосату (N-(фосфонометил) – глицин), позволит существенно повысить эффективность сельскохозяйственного производства, значительно увеличить урожайность культур. Так, со времени начала коммерциализации трансгенных растений (1996–2007 гг.) устойчивость к гербицидам была последовательно выделена как главный желаемый признак.

В 2008 г. 85 % площадей, отанных под трансгенные культуры, занимали гербицидустойчивые растения, среди которых почти все были резистентны к глифосату [11]. За последние годы картофель стал одной из тех культур, на которых интенсивно применяются методы генной инже-