

- prizvodstvennojdejatel'nosti aljuminievogo zavoda // V mire nauchnyh otkrytij. – 2016. – № 2 (74). – S. 148–158.
4. Zhbanchikov D.O., Demidenko G.A. Vlijanie vodorastvorimogo ftora na zagriznenie pochv i rastenij v zone promyshlennyh vybrosov OAO «RUSAL Krasnojarsk» // Innovacionnye tendencii razvitija Rossijskoj nauki: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh. – Krasnojarsk, 2015. – S. 20–22.
  5. Krupkin P.I. Puti racional'nogo ispol'zovanija pochv, zagriznennyh ftorom // Agrohimiya. – 2005. – № 3. – S. 78–87.
  6. Krupkin P.I., Kosicina A.A. K voprosu zagriznenija ftorom pochv prigorodnoj zony g. Krasnojarska // Vestn. KrasGAU. – 2006. – № 10. – S. 162–169.
  7. Kolomejcev A.V., Tararina L.I. Biologicheskaja cennost' produktov pitaniya, poluchennyh v zone promyshlennogo zagriznenija // Pishha. Jekologija. Chelovek: tez. dokl. V Mezhdunar. Konf. – M., 2003. – S. 123.
  8. Kolomejcev A.V., Tararina L.I. Vlijanie povyshennogo postuplenija ftora na fiziologicheskoe sostojanie organizma zhivotnyh // Vestn. KrasGAU. – 2003. – № 3. – S. 366–369.



УДК 631.544.72

А.А. Алексеева, Н.В. Фомина

#### ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ФУНГИЦИДОВ НА АКТИВНОСТЬ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ

A.A. Alekseeva, N.V. Fomina

#### THE ASSESSMENT OF FUNGICIDES IMPACT ON THE HYDROLYTIC SOIL ENZYMES ACTIVITY

**Алексеева А.А.** – асп. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: allochka777.alex@mail.ru

**Фомина Н.В.** – канд. биол. наук, доц. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: natvalf@mail.ru

**Alekseeva A.A.** – Post-Graduate Student, Chair of Landscape Architecture, Botany, Agroecology, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: allochka777.alex@mail.ru

**Fomina N.V.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Landscape Architecture, Botany, Agroecology, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: natvalf@mail.ru

Цель исследования – оценить изменение показателей активности гидролитических ферментов после применения фунгицидов в посевах семян сосны сибирской. В статье представлены результаты изучения показателей активности гидролитических ферментов, оценивающих направленность биохимических процессов в агрогенно измененной почве лесного питомника, расположенного на территории Красноярского края. Проведены исследования химического фунгицида «Байлетон» и биологических фунгицидов «Фитоспорин» и «Триходермин», рекомендованных для

использования при защите семян хвойных в лесопитомниках. Объектом исследования являлись образцы почвы, отобранные под сеянцами сосны сибирской в лесопитомнике. Отбор почвенных образцов проводился в течение периода вегетации сеянцев. Контролем являлась агросерая почва без обработки биопрепаратами. (рН водное – 5,88, гумус – 7,61 %; общий азот – 0,45 %; фосфор – 139 мг/кг почвы; калий – 101,6 мг/кг почвы). Обработка почвы фунгицидом «Фитоспорин» – в концентрации 20 г/10 л. Действующее вещество: *Bacillus subtilis* 26 Д, 100 млн кл/г. Норма расхода рабочей

жидкости – 3 л/10 м<sup>2</sup>. Обработка почвы – препаратом «Триходермин». Норма расхода препарата: 2 г на 1 литр воды. Расход составляет 1 л/м<sup>2</sup>. Титр спор – не менее 1 млрд спор/г. Обработка почвы – рабочим раствором химического фунгицида «Байлетон» (относится к группе производных триазола). Норма внесения препарата – 1,5 кг/га. Обработку полей препаратами проводили в конце мая однократно в виде растворов, согласно дозировке, рекомендуемой производителем. Отбор почвенных образцов осуществляли в течение 3 месяцев активной вегетации сеянцев (июнь, июль, август). С каждого поля отбирали не менее 20 индивидуальных образцов по диагонали. Все опыты проведены в трехкратной повторности. Показано, что все биологические фунгициды не оказывают отрицательного воздействия на микробиологическую активность почвы и не нарушают экологической целостности микробиоценоза, тогда как химический фунгицид «Байлетон» снижает показатели активности гидролаз в среднем в 1,5 раза.

**Ключевые слова:** почва, фунгициды, ферменты, гидролазы, активность, питомник.

The research objective was to estimate the change of activity indicators of hydrolytic enzymes after using fungicides in crops of Siberian pine seedlings. The results of activity indicators studying of hydrolytic enzymes estimating an orientation of biochemical processes in agrogenic changed soil of the forest nursery located on the territory of Krasnoyarsk Region are presented in the study. The researches of chemical Bayleton fungicide and biological fungicides "Fitosporin" and "Trihodermin" recommended for using in protection of seedlings coniferous in nursery forests were conducted. The objects of research were the soil samples selected under Siberian pine seedlings in the nursery forest. The selection of soil samples was made during the period of vegetation of seedlings. The Control was agogrey soil without processing with biological products. (pH of water – 5.88, humus – 7.6 1 %; general nitrogen – 0.45 %; phosphorus – 139 mg/kg of the soil; potassium – 101.6 mg/kg of the soil). The soil processing was made with Fitosporin fungicide in the concentration of 20 g / 10 l. Active ingredient was *Bacillus subtilis* 26 D, 100 of million

C/g. The consumption rate of working liquid was 3 l / 10 sq.m. The Processing of the soil was performed with preparation "Trihodermin". The preparation consumption rate was 2 g on 1 l of water. The expense made 1 l/sq.m. The caption spore was not less than 1 billion spores/g. The processing of the soil was made with working solution of chemical Bayleton fungicide. It belongs to the group of derivatives of Triazole. The norm of preparation introduction was 1.5 kg/hectare. The processing of fields preparations was carried out at the end of May once in the form of solutions, according to the dosage recommended by the producer. The selection of soil samples was carried out within 3 months of active vegetation of seedlings (June, July and August). From each field not less than 20 individual samples on a diagonal were selected. All experiments were made in triple frequency. It was shown that all biological fungicides did not make negative impact on microbiological activity of the soil and did not break ecological integrity of microbocenosis whereas chemical fungicide «Bayleton» reduced the performance hydrolase activity on average 1.5 times.

**Keywords:** soil, fungicides, enzymes, hydromanholes, activity, nursery.

**Введение.** Изучение биотического потенциала почвы является актуальной проблемой, так как биота обеспечивает сохранение биоресурсного потенциала нашей планеты и устойчивость любой экосистемы. Антропогенное воздействие приводит к изменению состояния почвы и в первую очередь состояния микробиоценоза. В связи с этим, исследование микробиологических процессов, протекающих в почве или ризосфере растений, в том числе применения бактерий и грибов в качестве агентов биологического контроля различных заболеваний [2–4, 6, 7], востребовано на сегодняшний день. Известно, что эффективное плодородие почвы напрямую связано с ее ферментативной активностью, следовательно, определение их активности позволяет судить о направленности происходящих в почве биохимических процессов. Данные процессы находятся в тесной взаимосвязи с микробиотой почвы, которая подавляется или стимулируется в результате применения препаратов с разным принципом действия [12, 13, 15]. Исследования, проводимые в данной

области, позволяют выявить наиболее адекватные критерии оценки экологической безопасности их применения. Действительно, использование показателей ферментативной активности дает возможность быстро и качественно установить изменения, происходящие в экологическом статусе агрогенно преобразованных почв, в том числе и после использования фунгицидов [1].

Гидролазы – это ферменты, которые преобразуют органические вещества до более простых. На этом этапе их ингибирование или наоборот стимулирование может существенно замедлить или усилить ход биохимических процессов, а, следовательно, сказаться на уровне общего плодородия почвы [10].

В лесных питомниках плодородие почвы постоянно снижается, причем период эксплуатации не всегда свидетельствует о низком уровне почвенного плодородия. Больше всего состояние почвы в питомниках и посевов в целом зависит от используемых технологий обработки почвы и препаратов, применяемых для защиты семян или для борьбы с сорняками.

Большинство передовых лесхозов переходит на биологические методы защиты растений, однако более дешевыми и нередко эффективными все же остаются химические средства. Это не совсем экологичный подход, так как почвенная биота в первую очередь страдает от привнесения в окружающую среду чужеродных веществ [9]. Определить, на каком этапе происходит сдвиг или изменение почвенно-биотической системы, можно только в результате комплексного подхода. Биодиагностика почвы начинается с изучения микробиоты и заканчивается биохимическим анализом почвы. Как уменьшить антропогенную нагрузку, как определить уровень зараженности почвы фитопатогенами по показателям биологической активности – это вопросы, требующие решения уже сейчас, так как уровень деградации почв лесных питомников достаточно высокий.

Основная опасность для почв в лесных питомниках заключается в их инфицировании фитопатогенными микромицетами, соответственно нарастает токсичность почвы, что приводит к гибели выращиваемых семян и значительной потере урожая. Поиск новых оценочных критериев, позволяющих выявить инфекционное воздействие на почвы уже на начальных стадиях (до посева семян), – актуальная задача. Ее

реализация возможна через многочисленные почвенно-экологические и биоэкологические исследования.

**Цель исследования:** оценить изменение показателей активности гидролитических ферментов после применения фунгицидов в посевах семян сосны сибирской.

Аналитическая работа проводилась в инновационной лаборатории кафедры ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии при ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, все полевые исследования – в Маганском опытном лесном питомнике в 2015–2016 гг.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования являлись образцы почвы, отобранные под сосной сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), выращиваемой в Маганском лесопитомнике (Красноярский край). Почвенный покров представлен агросерой почвой тяжелосуглинистой с признаками оглеения на красной глине девонских отложений [8].

Опытное поле было разбито на участки, которые обрабатывали химическими и биологическими фунгицидами, рекомендованными для использования в лесных питомниках.

Контролем являлась агросерая почва без обработки биопрепаратами (рН водное – 5,88; гумус – 7,61 %; общий азот – 0,45 %; фосфор – 139 мг/кг почвы; калий – 101,6 мг/кг почвы).

*Обработка почвы фунгицидом «Фитоспорин»* – в концентрации 20 г/10 л. Действующее вещество: *Bacillus subtilis* 26 Д, 100 млн кл/г. Норма расхода рабочей жидкости – 3 л/10 м<sup>2</sup>.

*Обработка почвы препаратом «Триходермин».* Норма расхода препарата: 2 г на 1 литр воды. Расход составляет 1 л/м<sup>2</sup>. Титр спор – не менее 1 млрд спор/г.

*Обработка почвы рабочим раствором химического фунгицида «Байлетон».* Относится к группе производных триазола. Норма внесения препарата – 1,5 кг/га.

Обработку полей препаратами проводили в конце мая однократно в виде растворов, согласно дозировке, рекомендуемой производителем. Отбор почвенных образцов осуществляли в течение 3 месяцев активной вегетации семян (июнь, июль, август). С каждого поля отбирали не менее 20 индивидуальных образцов по диагонали. Все опыты проведены в трехкратной повторности.

Весь спектр изученных гидролаз анализировался в сухих почвенных образцах. Методы подобраны таким образом, чтобы можно было их сравнить с полученными ранее данными. Активность протеазы определяли по методу Гоффманна и Тейхера (1957), уреазы – по методике Щербаковой (1983), инвертазы – по Гоффманну и Паллауфу (1965). Активность липазы устанавливали по методу К.А. Козлова (1968) [10, 14]. Активность фермента целлюлазы определяли по методу В.П. Кислицыной (1965) [11].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Необходимо указать, что состояние ферментов в почве и их роль в почвообразовании определяется почвенно-экологическими условиями, поэтому имеется прямая связь ферментативной активности с факторами почвообразования. Однако антропогенный фактор может воздействовать на почвенно-биотическую систему уже на начальном этапе и изменить чис-

ленность и структуру биоты, а также ингибировать процесс продукции ферментов. В нашей работе использовался экологический подход, основанный на изучении гидролитических ферментов, участвующих в расщеплении белков, углеводов и жиров.

Характеризуя данные, представленные на рисунке 1, установили, что явное стимулирующее влияние на показатели активности фермента протеазы оказал препарат «Фитоспорин» – 0,65–0,89 мг аминного азота на 1 г почвы за 20 часов, что связано с тем, что в его составе присутствуют бактерии-аммонификаторы рода *Bacillus*, являющиеся основными продуцентами фермента протеазы в почве. В контроле значения протеазы были стабильны на протяжении всего срока наблюдения – 0,55, 0,47 и 0,59 в июне, июле и августе соответственно. Однако также наблюдалось снижение в июле, как в опытных вариантах с применением препаратов «Триходермин» и «Фитоспорин».

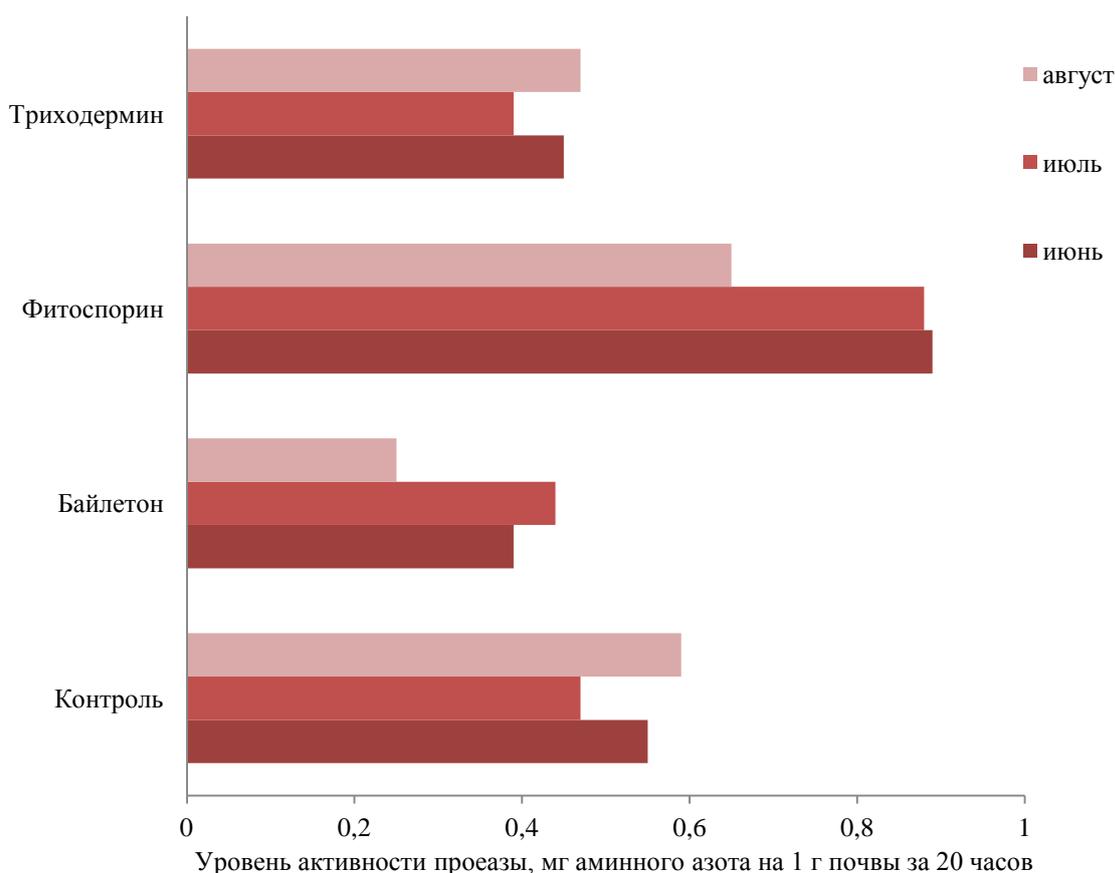


Рис. 1. Динамика уровня активности фермента протеазы в почве после обработки фунгицидами

В результате исследования препарата «Триходермин» активность снижена, но незначительно – до 0,39–0,47 мг аминного азота на 1 г почвы за 20 часов, причем наиболее интенсивно снижение наблюдалась в июле, когда максимум своего развития получают почвенные грибы, однако показатели с контролем достоверно не различались (см. рис. 1).

Препарат «Байлетон», направленный на уничтожение фитопатогенных микромицетов, способствовал незначительному снижению активности протеазы по сравнению с контролем, причем в июле эти различия не были достоверными. Если проанализировать средние показатели за весь период исследования, то можно увидеть, что наименьшая активность – в вариантах с применением препаратов «Триходермин» и «Байлетон».

В результате изучения влияния фунгицидов в динамике можно выделить долю влияния почвенно-климатических факторов и в то же время используемых препаратов в питомнике. Оценка уровня ферментативной активности агропочвы должна проводиться в динамике в течение всего периода активной вегетации растений, что позволит существенно повысить достоверность полученных данных и определить тренд ее изменения.

В качестве фермента, участвующего в азотном обмене почвы, изучали активность уреазы. Общая динамика показателей характеризовалась постепенным снижением в течение всего периода исследования, достигая максимальных значений в конце августа – 0,51 мг аммонийного азота на 1 г почвы за 4 часа (рис. 2), при среднем уровне за весь период – 0,46 мг аммонийного азота на 1 г почвы за 4 часа (табл. 1).

Таблица 1

**Средние показатели активности гидролитических ферментов в почве после применения фунгицидов**

Вариант опыта	Уреаза, мг аммонийного азота /1 г почвы за 4 часа	Протеаза, мг аминного г почвы за 20 часов	Инвертаза, мг глюкозы / г почвы за 24 часа	Триацилглицерол-липаза, мл 0,1 р-ра КОН на 1 г почвы
Контроль	0,46±0,03	0,54±0,007	8,43±0,38	9,23±0,23
Препарат «Фитоспорин»	0,41±0,04	0,80±0,042	12,3±1,55	7,72±0,01
Препарат «Триходермин»	0,50±0,03	0,44±0,007	13,40±1,53	9,33±0,41
Препарат «Байлетон»	0,30±0,09	0,36±0,015	7,33±0,34	4,39±0,40

Препарат «Фитоспорин» сразу после обработки способствовал снижению показателей до 0,32–0,33 мг аммонийного азота на 1 г почвы за 4 часа, но в августе, наоборот, привел к увеличению показателей почти в 1,5 раза, что связано с максимумом развития бактерий рода *Bacillus*, принимающих непосредственное участие в азотном обмене почвы. Почвенные образцы, отобранные в конце периода вегетации сеянцев, характеризуются тем, что в это время усиленно протекают процессы роста и развития

растений и почвенной биоты. Уменьшение же активности при использовании фунгицида «Фитоспорин», возможно, происходит за счет антагонистических отношений бактерий с грибами. В свою очередь, биофунгицид «Триходермин» на протяжении всего периода исследования лишь стимулировал уреазную активность, обеспечивая благоприятный ход биохимических процессов в почве. Значения при этом колебались от 0,44 до 0,55 мг аммонийного азота на 1 г почвы за 4 часа (рис. 2).

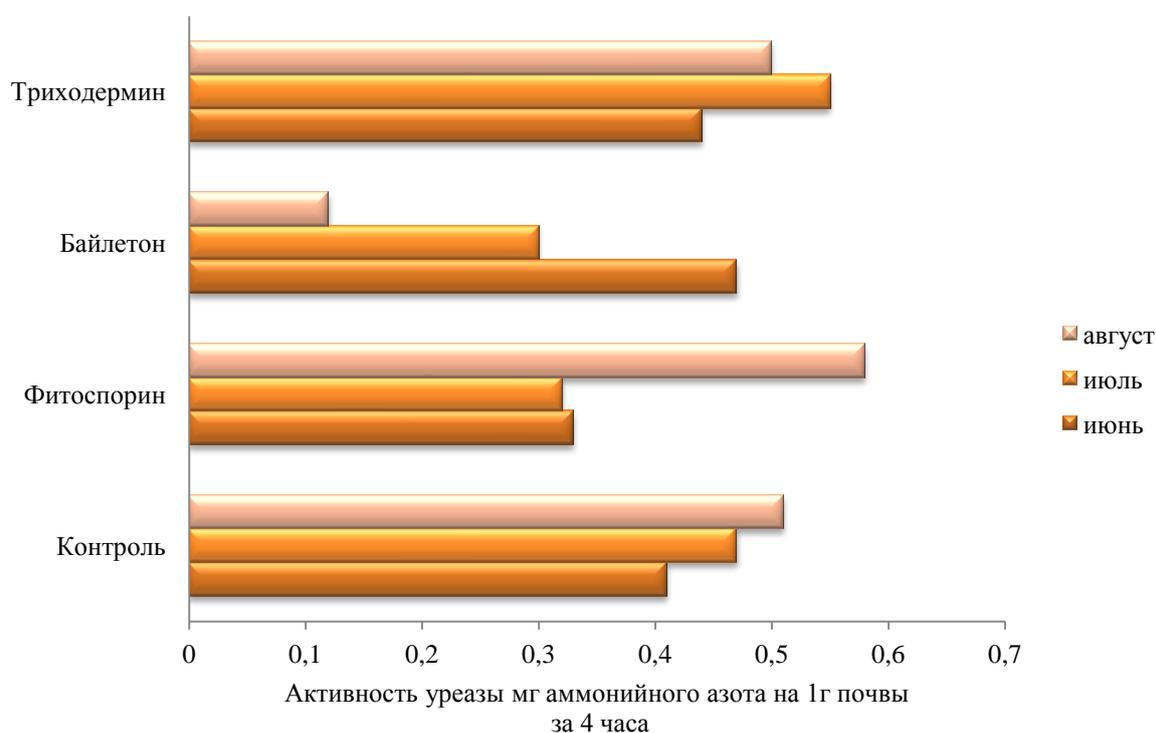


Рис. 2. Изменение активности уреазы в почве питомника после применения фунгицидов

Исследования активности инвертазы показали, что в контроле показатели соответствуют низкой обогащенности – 9,23 мг глюкозы / г сухой почвы за 24 часа по шкале Д.Г. Звягинцева [5]. Причем минимум значений приходился на август – 7,7 мг и, а максимум регистрировался в июне – 9,2 мг глюкозы / г сухой почвы за 24 часа. В свою очередь в опытных вариантах с применением биологических препаратов инвертазная активность приближается к средней степени обогащенности по той же шкале, следовательно, увеличивается. В опытных вариантах после обработки препаратом «Фитоспорин» в начальный период исследования активность была достоверно выше контрольных значений – 15,4 мг глюкозы / г сухой почвы за 24 часа, а в июле снизилась до 10,2 мг и незначительно увеличилась до 11,3 мг глюкозы / г сухой почвы за 24 часа в августе. Средние показатели инвертазной активности, представленные в таблице 1, составили 12,3 мг, и достоверно не различались с почвенными образцами, отобранными после обработки препаратом «Триходермин». Однако в целом данный биофунгицид способствовал увеличению активности фермента инвертазы, особенно в августе до 15,8 мг глюкозы / г сухой почвы за 24 часа, что связано с непосредствен-

ным участием грибов в разрушении углеводов, находящихся в почве (рис. 3). Известно, что активность инвертазы зависит от количества углеводного субстрата в почве, основным источником которого является растительный опад и показатели коррелируют с содержанием органического углерода в почве [1].

По сравнению с биопрепаратами, химический фунгицид «Байлетон» привел к снижению активности исследуемого фермента почти в 2 раза (рис. 3, табл. 1), при этом минимум значений отмечался в июле – 5,5 мг глюкозы/г сухой почвы за 24 часа, что является уже нижней границей в шкале Д.Г. Звягинцева низкой обогащенности. Резкое снижение активности происходит, когда климатические факторы одновременно с антропогенным химическим воздействием ингибируют активность почвенной микрофлоры. Необходимо отметить, что в начальный период уровень активности инвертазы достоверно не различался с контрольным – 10,4 мг глюкозы / г сухой почвы за 24 часа, так как микробное сообщество сначала адаптируется к воздействию, а затем выдает ответную реакцию.

Уровень активности фермента липазы, как правило, используется в оценке состояния тех-

ногенно загрязненных почв. В нашей работе липолитическая активность изучалась как дополнительный показатель уровня воздействия фунгицидов. Общая тенденция изменения пока-

зателей аналогична другим гидролазам, в частности увеличение их пула к концу вегетационного периода семян (рис. 4).

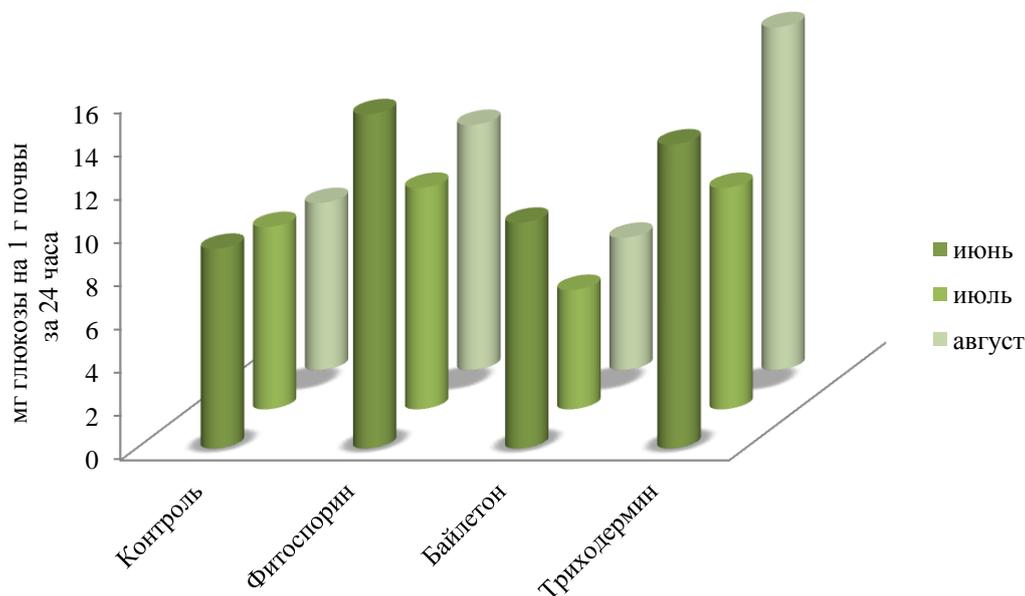


Рис. 3. Активность инвертазы в агропочве питомника после применения фунгицидов

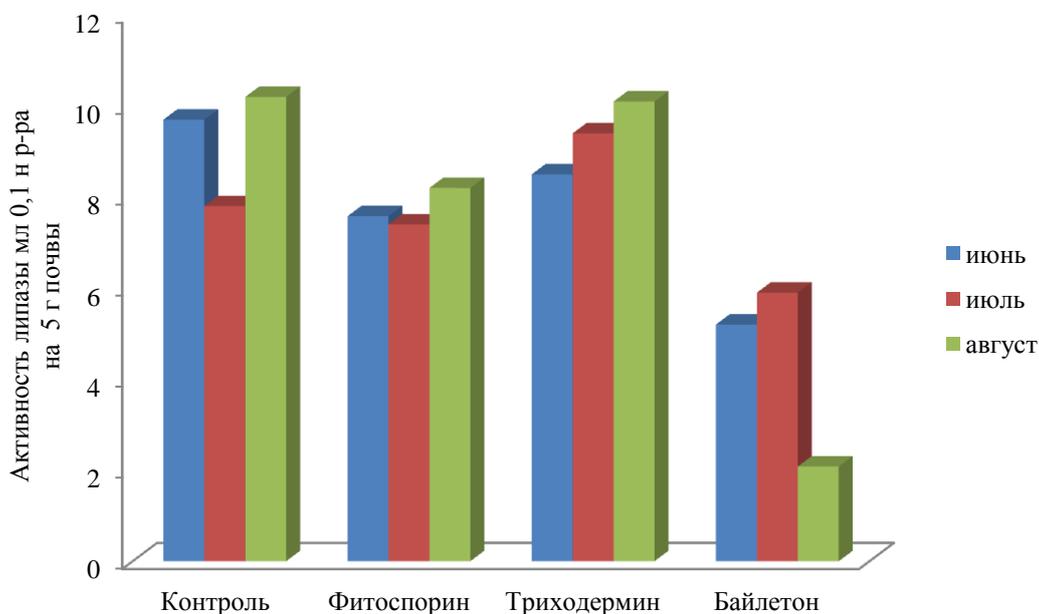


Рис. 4. Активность липазы в агропочве питомника после применения фунгицидов

Наиболее высокие показатели установлены в опытных вариантах с обработкой полей с по-

севами сосны биофунгицидами «Фитоспорин» и «Триходермин» – 7,72 и 9,33 мл 0,1 н. р-ра КОН

на 5 г почвы соответственно (см. табл. 1). В свою очередь, химический препарат «Байлетон» привел к снижению уровня активности липазы в среднем в 2 раза, причем ингибирование проявилось почти в 5 раз в августе по сравнению с контрольными значениями. В целом различия по активности липазы определены как достоверные, поэтому данный фермент может входить в программу комплексного почвенно-экологического мониторинга, особенно при оценке фунгицидного воздействия.

Спектр гидролитических ферментов в данном исследовании расширен и в программу включено изучение активности фермента целлюлазы. При этом в течение всего исследуемого периода ее активность в контрольном варианте

изменялась в пределах от 1,03 до 1,35 мг глюкозы на 1 г почвы, составляя в среднем 1,23 мг глюкозы на 1 г почвы.

Изучение динамики активности целлюлазы в вариантах с использованием биофунгицидов показало, что тенденция однотипная – это увеличение на протяжении всего периода исследования до 1,24 и 2,99 мг глюкозы на 1 г почвы соответственно для препаратов «Фитоспорин» и «Триходермин» (см. табл. 1).

При использовании препарата «Байлетон» средние показатели активности целлюлазы ниже, чем в контроле, что вероятно связано с прямым ингибированием деятельности целлюлозоразрушающей микрофлоры (табл. 2).

Таблица 2

### Динамика активности фермента целлюлазы в агропочве (мг глюкозы на 1 г почвы)

Вариант опыта, препарат	Время отбора пробы почвы			Х <sub>ср</sub>
	Июнь	Июль	Август	
Контроль (участок без обработки)	1,32±0,2	1,03±0,08	1,35±0,05	1,23
Препарат «Байлетон»	0,24±0,01	0,29±0,06	0,44±0,02	0,32
Препарат «Фитоспорин»	0,48±0,02	1,12±0,06	1,24±0,09	0,95
Препарат «Триходермин»	0,48±0,012	2,15±0,02	2,99±0,06	1,83

Следует отметить, что активность целлюлазы в образцах почвы, отобранной на полях, обработанных препаратом «Триходермин», достоверно увеличивается и в среднем активность возрастает по сравнению с контролем в 1,5 раза. Активность многих ферментов почвы, в том числе и целлюлаз, в наибольшей степени проявляется при иммобилизации их на носителях – гумусовых кислотах. Увеличение активности целлюлазы можно объяснить оптимизацией процесса иммобилизации ферментов, а также их непосредственной продукцией микромицетами.

Исследование гидролитических ферментов необходимо, в первую очередь, для определения экологической безопасности используемых фунгицидов, что может проявляться в незначительном колебании уровней, интенсивно не снижающихся по отношению к контролю, а в некоторых случаях, наоборот, увеличивающихся активность. Стимуляция или ингибирование активности почвенных ферментов может происхо-

дить опосредовано через стимулирование или антагонистические отношения микрофлоры.

**Заключение.** Антропогенное воздействие может приводить к изменению показателей почвенных гидролаз уже в начальный период вегетации семян хвойных. Анализ уровня их активности необходимо проводить для определения экологической безопасности используемых фунгицидов, что может проявляться как в незначительном колебании уровней гидролитических ферментов, так и, наоборот, в максимально увеличивающихся значениях по отношению к контролю. Спектр изученных ферментов показал, что биологические фунгициды в основном проявляют стимулирующее влияние на гидролазы, тогда как химический препарат «Байлетон» достоверно снижает их уровень активности. Биофунгициды «Фитоспорин» и «Триходермин» не оказывают отрицательного воздействия на микробиологическую активность почвы и не нарушают экологической целостности микробоценоза в сравнении с контролем.

Статья подготовлена в рамках поддержки гранта РГНФ (проект 16-16-24015) «Реализация системного подхода в экологическом образовании и просвещении на примере города Красноярск и прилегающих территорий».

### Литература

1. Алексеева А.А., Фомина Н.В. Экологическая оценка агропочвы после применения фунгицидов в условиях Красноярской лесостепи // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития: мат-лы межд. конф. – Улан-Батор, 2015. – Vol. 1. – С. 123–125.
2. Бухотина Ю.В. Особенности применения «Триходермина» // Защита растений. – 2004. – № 11. – С. 23–24.
3. Гродницкая И.Д., Сорокин Н.Д. Использование микромицетов *Trichoderma* в биоремедиации почв лесопитомников // Известия РАН. Сер. биологическая. – 2006. – № 3. – С. 1–5.
4. Гродницкая И.Д. Эколого-микробиологическая индикация и биоремедиация почв естественных и нарушенных лесных экосистем Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск, 2013. – 36 с.
5. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–54.
6. Кожемяков А.П., Тимофеева С.В., Попова Т.А. Выработка и перспективы использования биопрепаратов комплексного действия // Защита растений. – 2008. – № 2. – С. 42–43.
7. Литовка Ю.А., Громовых Т.И., Гукасян В.М. Влияние биоконтрольных штаммов *Trichoderma asperellum*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas fluorescens* на биологическую активность и структуру микробоценоза почвы // Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 3. – С. 371–376.
8. Почвенно-агрохимический очерк и рекомендации по повышению плодородия и продуктивности почвы Маганского лесного питомника Маганского лесхоза. – Красноярск: Центр защиты леса, 2011. – 79 с.
9. Рябинков В.А. Способы повышения экологической безопасности защиты растений от болезней в лесных питомниках. – М., 2006. – 150 с.
10. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. – М.: Колос, 1983. – С. 167–173.
11. Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем: учеб. пособие для вузов / Нижегород. гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. – 170 с.
12. Токарев А.В. Экологическое нормирование нагрузки фунгицидов на агроценозы лесных питомников (на примере *Larix sibirica* Ledeb.): дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2004. – 169 с.
13. Турусов В.И., Гармашов В.М., Гармашова Л.В. Структура микробного ценоза агрогенных почв и естественных экосистем // Плодородие. – 2011. – № 1. – С. 34–35.
14. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 250 с.
15. Хархун Е.В. и др. Состояние микробоценоза почвы после применения биопрепаратов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11, Ч. 1. – С. 56–60.

### Literatura

1. Alekseeva A.A., Fomina N.V. Ekologicheskaja ocenka agropochvy posle primeneniya fungicidov v uslovijah Krasnojarskoj lesostepi // Jekosistemy Central'noj Azii v sovremennyh uslovijah social'no-jekonomicheskogo razvitija: mat-ly mezhd. konf. – Ulan-Bator, 2015. – Vol. 1. – S. 123–125.
2. Buhotina Ju.V. Osobennosti primeneniya «Trihodermina» // Zashhita rastenij. – 2004. – № 11. – S. 23–24.
3. Grodnickaja I.D., Sorokin N.D. Ispol'zovanie mikromicetov *Trichoderma* v bioremediacii pochv lesopitomnikov // Iizvestija RAN. Ser. biologicheskaja. – 2006. – № 3. – S. 1–5.
4. Grodnickaja I.D. Jekologo-mikrobiologicheskaja indikacija i bioremediacija pochv estestvennyh i narushennyh lesnyh jekosistem Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – Krasnojarsk, 2013. – 36 s.
5. Zvjagincev D.G. Biologicheskaja aktivnost' pochv i shkaly dlja ocenki nekotoryh ee pokazatelej // Pochvovedenie. – 1978. – № 6. – S. 48–54.
6. Kozhemjakov A.P., Timofeeva C.B., Popova T.A. Vyrabotka i per-spektivnyj ispol'zovanija biopreparatov kompleksnogo dejstvija // Zashhita rastenij. – 2008. – № 2. – S. 42–43.

7. Litovka Ju.A., Gromovyh T.I., Gukasjan V.M. Vlijanie biokontrol'nyh shtammov Trichoderma asperellum, Bacillus subtilis i Pseudomonas fluorescens na biologicheskuyu aktivnost' i strukturu mikrobocenoza pochvy // Sibirskij jekologicheskij zhurnal. – 2002. – № 3. – S. 371–376.
8. Pochvenno-agrohimicheskij ocherk i rekomendacii po povysheniju plodorodija i produktivnosti pochvy Maganskogo lesnogo pitomnika Magan-skogo leshoza. – Krasnojarsk: Centr zashhity lesa, 2011. – 79 s.
9. Rjabinkov V.A. Sposoby povyshenija jekologicheskoy bezopasnosti zashhity rastenij ot boleznej v lesnyh pitomnikah. – M., 2006. – 150 s.
10. Sjegi J. Metody pochvennoj mikrobiologii. – M.: Kolos, 1983. – S. 167–173.
11. Titova V.I., Dabahova E.V., Dabahov M.V. Agro- i biohimicheskie metody issledovanija sostojanija jekosistem: ucheb. posobie dlja vuzov / Nizhegorod. gos. s.-h. akademija. – N. Novgorod: Izd-vo VVAGS, 2011. – 170 s.
12. Tokarev A.V. Jekologicheskoe normirovanie nagruzki fungicidov na agrocenozy lesnyh pitomnikov (na primere Larix sibirica Ledb.): dis. ... kand. biol. nauk. – Kazan', 2004. – 169 s.
13. Turusov V.I., Garmashov V.M., Garmashova L.V. Struktura mikrobnogo cenoza agrogennyh pochv i estestvennyh jekosistem // Plodorodie. – 2011. – № 1. – S. 34–35.
14. Haziev F.H. Metody pochvennoj jenzimologii. – M.: Nauka, 2005. – 250 s.
15. Harhun E.V. i dr. Sostojanie mikrobocenoza pochvy posle primenenija biopreparatov // Fundamental'nye issledovanija. – 2012. – № 11, Ch. 1. – S. 56-60.



УДК 581.45:582.675.1

Л.А. Приходько, О.А. Сорокопудова

#### ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТЬЕВ *AQUILEGIA VIRIDIFLORA* PALL. В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРЫ

L.A. Prikhodko, O.A. Sorokopudova

#### INTRASPECIFIC VARIABILITY OF *AQUILEGIA VIRIDIFLORA* PALL. LEAVES IN THE CONDITIONS OF THE CULTURE

**Приходько Л.А.** – мл. науч. сотр. Якутского ботанического сада – филиала Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск. E-mail: Prikhodko\_la@mail.ru

**Сорокопудова О.А.** – д-р биол. наук, проф., вед. науч. сотр. лаб. декоративных культур Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства РАСХН, г. Москва. E-mail: osorokopudova@yandex.ru

**Prikhodko L.A.** – Junior Staff Scientist, Yakut Botanical Garden, Branch of Institute of Biological Problems of Permafrost SB RAS, Yakutsk. E-mail: Prikhodko\_la@mail.ru

**Sorokopudova O.A.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Leading Staff Scientist, Laboratory of Decorative Cultures, All-Russian Selection Technological Institute of Gardening and Nurseries, RAAS, Moscow. E-mail: osorokopudova@yandex.ru

В условиях Центральной Якутии в Якутском ботаническом саду получены новые данные по индивидуальной изменчивости листьев в семенном потомстве у редкого инорайонного вида *Aquilegia viridiflora* Pall., обитающего в

Северо-Восточной Азии. Проведен морфологический анализ ассимилирующих листьев генеративных растений двух формаций: срединных, среди которых выделены приземные листья и листья среднего яруса, и верховых