

УДК 582.76/77:581.5

## АКТИВНОСТЬ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ ПОЧВЫ В ФИТОГЕННОМ ПОЛЕ *ACER NEGUNDO* L. В УСЛОВИЯХ НАРУШЕННЫХ ПОЙМЕННЫХ СООБЩЕСТВ

© 2018 О.Л. Цандекова, В.И. Уфимцев

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, Институт экологии человека, г. Кемерово

Статья поступила в редакцию 03.05.2018

В статье приводятся результаты по активности гидролитических ферментов почвы в фитогенном поле *Acer negundo* L. в условиях нарушенных пойменных сообществ. Объектом исследований служили образцы почвы, отобранные под насаждениями клена ясенелистного, трансформированных растительных сообществ в пойме р. Томь между озерами Красное и Длинное в пределах г. Кемерово. Отбор проб проводили по трем категориям сомкнутости крон деревьев. В качестве контроля выбрана внешняя зона одиночных деревьев. Выявлено, что наибольший уровень активности гидролитических ферментов почвы на исследуемых площадках в нарушенных пойменных сообществах отмечен возле одиночных деревьев *Acer negundo* в несомкнутых древостоях, по сравнению с другими группами деревьев и с контролем. Установлена наибольшая активность ферментов в середине вегетационного периода, при этом инвертазная активность во всех почвенных образцах выше, чем протеазы и фосфатазы. В местах проведения эксперимента установлен средний уровень биохимической активности почвы, что указывает о возможности использования полученных данных в качестве диагностических признаков состояния почвы и ее ферментативной активности в конкретных почвенно-климатических условиях.

*Ключевые слова:* клен ясенелистный, фитогенное поле, гидролитические ферменты, активность, почва.

*Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ФИЦ УУХ СО РАН (Проект № 0352-2016-0002).*

### ВВЕДЕНИЕ

Главенствующую роль в растительных группировках играют наиболее сильные и влиятельные древесные растения, которые определяют состав верхних и, в наибольшей степени, подчиненных ярусов, сообществ, расположенных под верхним пологом. *Acer negundo* L. (клён ясенелистный), произрастающий в условиях естественных фитоценозов, оказывает существенное влияние на растительность нижних ярусов, изменяя водный, тепловой, световой режим биогеоценоза.

Важной предпосылкой для диагностики процесса биодеструкции органического вещества и выявления специфики почвообразования в фитогенном поле клена ясенелистного является оценка почвенных ферментов. Ферменты отличаются исключительно высокой

активностью, строгой специфичностью действия и большой зависимостью от различных условий внешней среды. Ферментативная активность обеспечивает интенсивность и направленность многих биохимических процессов, связанных как с превращением веществ и энергии в процессе аккумуляции органического вещества, так и биосферных процессов в целом [1, 2]. Основными критериями почвенной диагностики является активность гидролитических ферментов – инвертазы, протеазы и фосфатазы. Активность ферментов является более устойчивым и чувствительным показателем биогенности почв. Многие исследователи отмечают наиболее высокую ферментативную активность в верхних слоях почвы (0-10 см), в сравнении с более глубокими слоями (20-30 см) [3]. В период активного роста растений, а также при распаде корневых и растительных остатков активность почвенных ферментов повышается [4]. В настоящее время недостаточное внимание уделено особенностям изменения ферментативной активности под влиянием растительности, в частности клена ясенелистного. В связи с этим, актуален поиск оптимального решения проблемы состояния почвы и ее ферментативной активности в конкретных почвенно-климатических

*Цандекова Оксана Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории рекультивации и биомониторинга.*

*E-mail: zandekova@bk.ru*

*Уфимцев Владимир Иванович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рекультивации и биомониторинга.*

*E-mail: uwy2079@gmail.com*

условиях, для выяснения роли ферментов с разной устойчивостью и локализацией в почвенном метаболизме и, в целом, в экологической стабильности биогеоценозов.

Цель нашей работы – оценить активность гидролитических ферментов почвы в фитогенном поле *Acer negundo* L. в условиях нарушенных пойменных сообществ.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2017 г. Объектом исследований служили образцы почвы, отобранные под насаждениями *Acer negundo* (клена ясенелистного) трансформированных растительных сообществ в пойме р. Томь между озерами Красное и Длинное в пределах г. Кемерово (55°21'50» с. ш., 86°8'55» в. д.). Насаждения оцениваются первой категорией жизненного состояния по шкале В.А. Алексеева I классом бонитета, возраста деревьев – 20-25 лет. Живой напочвенный покров образован разнотравно-злаковым сообществом с преобладанием *Urtica dioica* L., *Poa pratensis* L., *Phleum pratense* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski., *Humulus lupulus* L., с общим проективным покрытием 20-90 %.

Отбор проб проводили по трем категориям сомкнутости крон клена ясенелистного на учетных площадках: 1 – одиночные деревья в несомкнутых древостоях; 2 – деревья с сомкнутостью крон 50-60%; 3 – деревья с сомкнутостью крон 100%. В качестве контроля выбрана внешняя зона одиночных деревьев (К). Сроки отбора образцов – в начале (III декада мая), в середине (III декада июля) и в конце (III декада сентября) вегетационного периода. Образцы почвы отбирали с каждого исследуемого варианта с глубины 0-10 см, поскольку основная биологическая активность и наибольшая биогенность присущи верхним слоям почвенного профиля [5]. Исследования ферментативной активности почвы проведены на свежесобранном материале в трехкратной повторности из смешанной пробы. Определение активности инвертазы проведено по методу В.Ф. Купревича и Т.А. Щербаковой; активность протеазы – по методу А.Ш. Галстяна и Э.А. Арутюнян [6]; активность фосфатазы – по методу А.Ш. Галстяна [7]. Данные представлены в виде средних арифметических значений и их среднеквадратических (стандартных) ошибок. Статистическая обработка полученных данных и построенные графики выполнены с помощью Microsoft Office Excel 2007.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

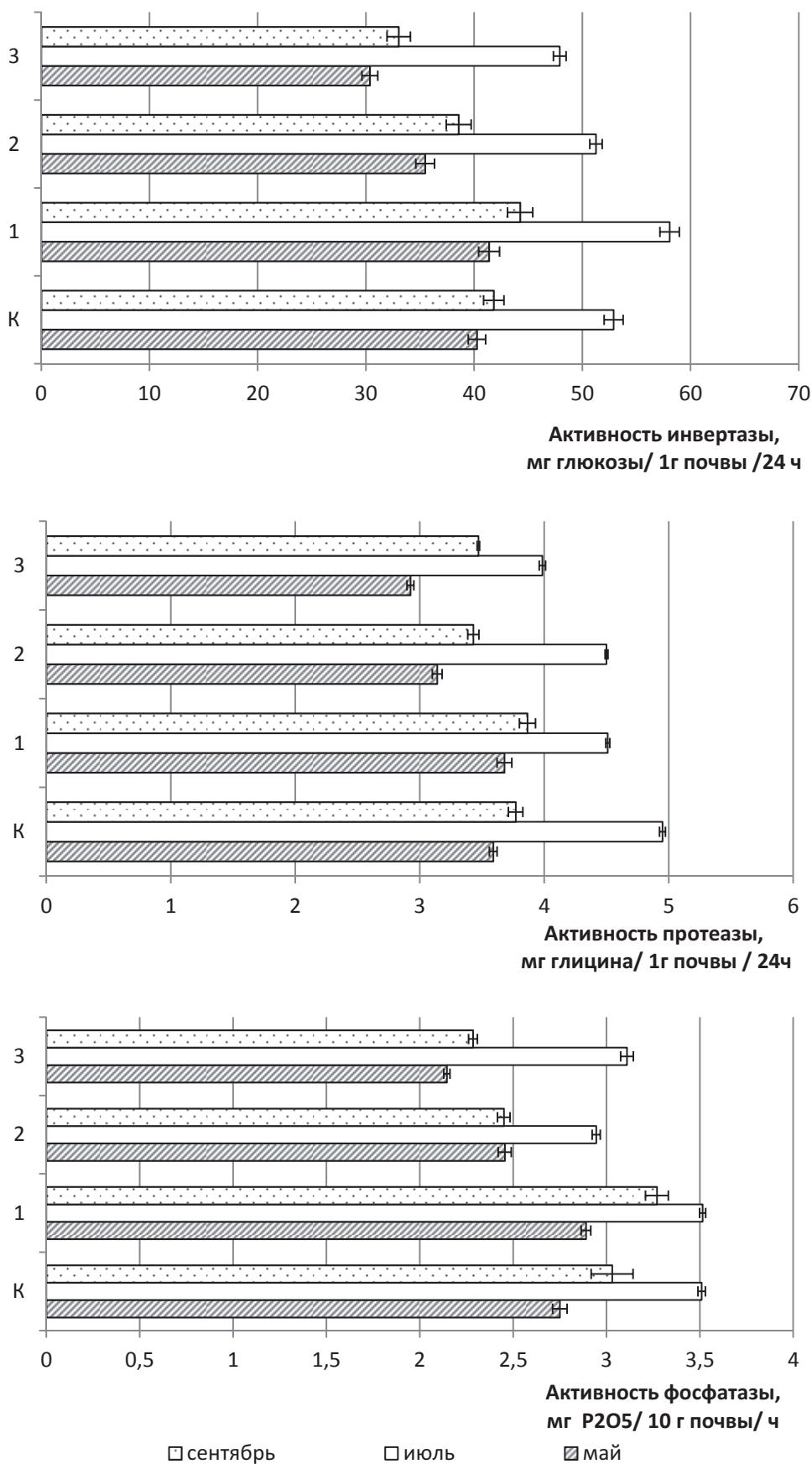
Сравнительный анализ данных по активно-

сти гидролитических ферментов почвы в нарушенных пойменных сообществах *Acer negundo* выявил некоторые различия у исследуемых образцов на учетных площадках. Наибольшая активность ферментов у контрольных и опытных образцов отмечена в период активного роста деревьев (июль), к концу вегетации – их понижение. Активность инвертазы во всех почвенных образцах выше, чем активность протеазы и фосфатазы (рис. 1).

Инвертазу обнаруживают во всех образцах, она является одним из важных ферментов, характеризующих биологическую активность почвы. Этот фермент участвует в биохимических превращениях углеводов, которые содержатся в почвенном органическом веществе, микроорганизмах и растениях в значительном количестве. Анализ полученных данных показал, что в течение вегетации активность инвертазы отличалась значительным варьированием по отношению к контролю. Согласно шкале сравнительной оценки биологической активности почвы, предложенной Э.И. Гапонюк и С.Г. Малаховым [8], в мае и сентябре степень активности фермента характеризовалась как средняя, в июле – относительно высокая на всех исследуемых площадках. Вначале вегетационного периода значения данного фермента варьировали в пределах от 30,37 до 41,39 мг глюкозы /1г почвы /24 ч, в середине вегетации – его повышение (до 58,07 мг глюкозы /1г почвы /24 ч), к концу вегетации – снижение фермента до 33,03 мг глюкозы /1г почвы /24 ч.

Сравнивая изучаемые площадки выявлено, что инвертазная активность почвы выше возле одиночных деревьев *Acer negundo* в несомкнутых древостоях, по сравнению с другими группами деревьев и с контролем. В первой группе у исследуемых образцов ферментативная активность превысила контроль в мае на 3%, в июле – на 10%, в сентябре – на 6%. Образцы второй и третьей группы в течение вегетации уступали контрольным значениям на 3-25%.

Биохимическую активность разложения азотсодержащего органического вещества в почве оценивают по ее протеолитической активности. С повышением плодородия почв наиболее тесно связана активность ферментов азотного режима и, в частности, ферментов протеаз. Протеазы участвуют в начальных этапах минерализации белковых соединений и обуславливают динамику усвояемых форм азота. Результаты наших исследований по активности протеазы показали, что почва относится к средней степени активности. В течение вегетации на учетных площадках активность фермента варьировала в пределах от 2,93 до 4,95 мг глицина /1 г почвы /24 ч



Приложение: K – контроль, 1 – одиночные деревья в несомкнутых древостоях, 2 – деревья с сомкнутостью крон 50-60%, 3 – деревья с сомкнутостью крон 100%

Рис. 1. Динамика ферментативной активности почвы на исследуемых площадках

у контрольных и опытных почвенных образцов. Сравнительная характеристика исследуемых площадок выявила некоторые различия данного показателя в течение вегетации относительно контроля. Наибольшие значения протеазы отмечены у опытных образцов в первой группе в мае и сентябре. В этот период исследуемые показатели варьировали в пределах 3,7 и 3,9 мг глицина /1 г почвы /24 ч соответственно и превысили контроль на 2,5%. Опытные образцы второй и третьей группы характеризовались более низкими значениями активности фермента и уступили контролю на 8-19%.

Фосфатазы имеют широкий спектр деятельности и достаточно распространены в почве. Они гидролизуют разнообразные фосфомоноэфиры. Активность фосфатаз характеризует интенсивность биохимических процессов мобилизации органического фосфора почвы. Анализ данных по активности фосфатазы показал, что в течение вегетации на учетных площадках у исследуемых образцов она варьировала в пределах от 2,2 до 3,5 мг глицина /1 г почвы /24 ч, относящиеся к средней степени активности почв. Сравнение фосфатазной активности почвы на учетных площадках выявили тенденцию к повышению в середине вегетации. Активность фермента у исследуемых образцов в этот период варьировал в пределах от 2,95 до 3,52 мг  $P_2O_5$  /10г почвы/ч. Наибольшие отличия от контроля (19-25%) по данному показателю выявлены у опытных образцов на площадках во второй и в третьей группе в сентябре. Образцы первой группы превысили контроль в мае и сентябре на 5 и 8% соответственно.

### ВЫВОДЫ

1. Наибольший уровень активности гидролитических ферментов почвы на исследуемых площадках в нарушенных пойменных сообществах выявлен возле одиночных деревьев *Acer negundo* в несомкнутых древостоях, по сравнению с другими группами деревьев и с контролем.

2. Наибольшая активность ферментов выявлена в середине вегетационного периода, причем инвертная активность во всех почвенных образцах выше, чем протеазы и фосфатазы.

3. В течение вегетации на исследуемых площадках установлен средний уровень биохимической активности почвы. Данные показатели можно использовать в качестве диагностических признаков состояния почвы и ее ферментативной активности в конкретных почвенно-климатических условиях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Кудрин А.А. Биологическая активность почв: методы оценки и проблемы интерпретации результатов // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2011. № 12. С. 37-40.
2. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.
3. Li J., Tong X., Awasthi M.K., Wu F., Ha S., Ma J., Sun X., He Ch. Dynamics of soil microbial biomass and enzyme activities along a chronosequence of desertified land revegetation // Ecological Engineering. 2018. Vol. 111. P. 22-30.
4. Hu R., Wang X., Zhang Ya., Shi W., Chen N. Insight into the influence of sand-stabilizing shrubs on soil enzyme activity in a temperate desert // Catena. 2016. Vol. 137. P. 526-535.
5. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
6. Практикум по агрохимии [под. ред. В.Г. Минеева]. М.: МГУ, 2001. 689 с.
7. Титова В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: научно-методическое пособие // Нижегородская сельскохозяйственная академия. Нижний Новгород, 2012. 64 с.
8. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем: монография. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2016. 356 с.

**ACTIVITY OF HYDROLITE SOIL ENZYMES IN THE PHYTOGENIC FIELD *ACER NEGUNDO* L.  
IN THE CONDITIONS OF THE BROKEN INUNDATED COMMUNITY**

© 2018 O.L. Tsandekova, V.I. Ufimtsev

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch  
of the Russian Academy of Sciences, «Institute of Human Ecology», Kemerovo

The results of the activity of hydrolytic enzymes of soil in the phytogenic field of *Acer negundo* L. in the conditions of disturbed floodplain communities are given in the article. The object of the research was soil samples, selected under maple plantations of ash-leaved, transformed plant communities in the floodplain of the River Tom between the Krasnoe and Long lakes within the city of Kemerovo. Sampling was carried out in three categories of the closeness of tree crowns. As an inspection, the outer zone of single trees was chosen. Studies of the enzymatic activity of the soil were carried out on freshly collected material in triplicate from a mixed sample. It was revealed that the highest level of activity of hydrolytic soil enzymes on the investigated sites in disturbed floodplain communities was observed near single *Acer negundo* trees in open stands, compared to other tree groups and with control. The greatest activity of enzymes in the middle of the growing season was established, with invertase activity in all soil samples higher than proteases and phosphatases. The average level of soil biochemical activity is established at the sites of the experiment, which indicates the possibility of using the obtained data as diagnostic signs of the soil state and its enzymatic activity in specific soil and climatic conditions.

*Keywords:* Canadian maple, phytogenic field, hydrolytic enzymes, activity, soil.

---

*Oksana Tsandekova, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of the Laboratory of Recultivation and Biomonitoring. E-mail: zandekova@bk.ru*  
*Vladimir Ufimtsev, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Recultivation and Biomonitoring. E-mail: uwy2079@gmail.com*