

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.46:631.174:631.95

Л.М. Бурлакова,
Ю.С. Ананьева

ВЛИЯНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНА НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ АГРОГЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ

Ключевые слова: чернозем, экспозиция склона, ферментативная активность, почвенный профиль, гумус.

Введение

Формирование почвенного покрова определяется конкретным сочетанием природных факторов почвообразования. Одним из них является рельеф. Он определяет перераспределение солнечной радиации и осадков в зависимости от экспозиции, крутизны и формы склона. В результате этого на склонах разной экспозиции создаются условия, которые и определяют направленность и интенсивность почвообразовательного процесса, что в конечном итоге приводит к формированию почв, различающихся по плодородию [1].

При разработке ландшафтных систем земледелия необходимо в полной мере учитывать особенности рельефа используемой территории. Плодородие почв и его рациональное использование в сельскохозяйственном производстве во многом определяются интенсивностью и направленностью процессов связанных с биологическими факторами почвообразования включая активность почвенных ферментов.

Ферментативную активность почвы принято рассматривать как совокупность процессов, катализируемых внеклеточными (закрепленными ферментами на почвенных частицах и стабилизированными в почвенном растворе) и внутриклеточными ферментами почвенной биоты [2, 3]. Основные пути поступления ферментов в почву – это прижизненно выделяемые внеклеточные ферменты микрооргани-

мов и корней растений и посмертно поступающие внутриклеточные ферменты всех почвенных организмов. Количество поступающих ферментов в почву зависит от биомассы и метаболической активности биоты. Почвенные ферменты значительное время сохраняют свою активность. Они определяют интенсивность и направленность биохимических процессов, протекающих в почве. Количественное определение ферментов в почве является процессом трудоемким, при этом возможна их инактивация. Поэтому в практике при определении ферментативной активности чаще определяют не количественное содержание определенного фермента в почве, а интенсивность процесса, связанного с ним [4]. Оценивая биологическую активность почв, необходимо определять активность нескольких ферментов, относящихся к различным классам.

Цель настоящей работы – охарактеризовать ферментативную активность агрогенных черноземов на склонах северной и южной экспозиции в условиях Алтайского Приобья, установить количественные связи с факторами, определяющими ее состояние.

Объекты и методы исследований

Исследования были проведены в 2006-2008 гг. на полях опытно-производственного хозяйства им. В.В. Докучаева и Алтайского НИИСХ, расположенных на водоразделах и склонах северной и южной экспозиции, в условиях умеренно засушливой колючей степи Алтайского Приобья. Согласно геоморфологическому районированию данная территория расположена в пределах Приобского плато в

северо-восточном сильнорасчлененном районе с глубокими балками и долинами. Рельеф территории представлен увалистой овражно-балочной равниной, расчлененной густой ($0,9-2,0 \text{ км/км}^2$) сетью долин и оврагов. Склоны верхней части увалистой овражно-балочной равнины имеют крутизну $1-6^\circ$, в нижней – до 15° . В связи с условиями рельефа здесь особенно выражены явления почвенного смыва, с чем связано распространение в разной степени эродированных почв.

Водоразделы данной территории расположены в пределах высот от 430 до 445 м над уровнем моря, почвы здесь представлены черноземами выщелоченными среднемогучными малогумусными среднесуглинистыми [5]. Склон северной экспозиции характеризуется крутизной $2-5^\circ$, имеет протяженность 2,8 км, пределы высот колеблются от 390 (нижняя треть склона) до 440 м (верхняя треть склона) над уровнем моря. Почвы склона представлены черноземами выщелоченными маломогучными слабогумусованными среднесуглинистыми. Склон южной экспозиции характеризуется также крутизной $2-5^\circ$, имеет протяженность 1,8 км, находится в пределах высот от 370 до 425 м над уровнем моря. Почвы склона представлены в основном черноземами обыкновенными малогумусными и слабогумусованными среднесуглинистыми.

Объектами исследования стали агропочвы: черноземы выщелоченные и обыкновенные.

На водоразделах и разных частях склонов северной и южной экспозиции в июне-июле 2006 г. было заложено 14 почвенных полнопрофильных разрезов и 28 прикопок, в них отобраны образцы почв, изучены морфологические, химические и биохимические свойства.

Определение ферментативной активности проводили в свежевысушенных образцах почвы: инвертазы – методом А.И. Чундеровой; уреазы – по выделению аммиака при распаде мочевины; каталазной активности – газометрическим методом, основанном на измерении скорости разложения перекиси водорода при ее взаимодействии с почвой [6, 7]. Показатели ферментативной активности в профиле черноземов были определены однократно в 2006 г.; в слое почвы 0-20 см с полей зернопаровых севооборотов – в вегетационные периоды 2006-2008 гг.

Экспериментальные данные были обработаны статистически с использованием

информационно-логического метода анализа [8]. Основными параметрами информационного анализа являются общая информативность (Т, бит), коэффициент передачи информации (К), характеризующий тесноту связи между фактором явлением, неопределенность – ($H \text{ ai/bj}$, бит).

Результаты и обсуждение

Данные определения ферментативной активности в профиле черноземов (на примере отдельных разрезов) по элементам рельефа представлены в таблице 1.

На водоразделе чернозем выщелоченный среднемогучный малогумусный под горохом (разрез 22) характеризуется высокой активностью инвертазы по всему гумусовому горизонту.

Для маломогучных слабогумусованных черноземов северной экспозиции характерны более низкие значения активности гидролитических ферментов (инвертазы и уреазы) при возделывании кормосмеси из гороха и овса. Гидролитические ферменты (гидролазы) широко распространены в почвах и играют важную роль в обогащении их подвижными и доступными для растений и микроорганизмов питательными веществами, разрушая высокомолекулярные органические соединения. Более высокие значения активности данных ферментов наблюдаются для образцов почв, отобранных из разреза № 7, расположенного в верхней части северного склона. При этом и содержание гумуса в них выше, чем в образцах, отобранных из средней и нижней трети склона (разрезы 10 и 11).

В верхней трети склона активность гидролитических ферментов в гумусовом горизонте чернозема на южном склоне под горохом выше (разрез 20), чем на северном склоне (разрез 10). Чернозем выщелоченный в средней части склона под пшеницей (разрез 19) с меньшим содержанием гумуса характеризуется снижением активности данных ферментов. Следует обратить внимание на высокий потенциал ферментативной активности чернозема обыкновенного на стационарном опытном участке Алтайского НИИСХ, расположенного в нижней части южного склона (разрез 15), в условиях 34-летнего бессменного возделывания многолетних трав (*Bromopsis inermis*: костер безостый) при минимальной антропогенной нагрузке (приближенной к естественному состоянию экосистемы степной зоны).

Ферментативная активность в профиле черноземов по элементам рельефа (2006 г.)

Горизонт, см	Г, %	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы за 48 ч	Уреаза, мг N/NH ₄ на 1г почвы за 3 ч	Каталаза, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 мин.
Водораздел				
Разрез 22. Чернозем выщелоченный среднемогучный малогумусный (пашня, горох)				
A _{пах} 0-24	4,65	35,00	0,08	4,4
AB 24-54	2,65	27,23	0,05	3,0
B _t 54-77	1,23	0,00	0,02	2,0
B _к 97-155	0,17	0,00	0,01	2,2
BC _к 85-149	0,00	0,00	0,00	1,6
Склон северной экспозиции				
Разрез 7. Верхняя треть склона, чернозем выщелоченный маломощный слабогумусированный (пашня, кормосмесь: горох, овес)				
A _{пах} 0-20	3,27	24,50	0,09	4,8
AB 20-28	2,95	14,00	0,03	3,8
B _t 28-54	2,00	2,16	0,02	2,6
B _к 54-85	0,72	0,00	0,01	1,5
BC _к 85-149	0,00	0,00	0,00	2,4
Разрез 10. Средняя треть склона, чернозем выщелоченный маломощный слабогумусированный (пашня, кормосмесь: горох, овес)				
A _{пах} 0-20	2,15	14,4	0,02	6,4
A 20-27	2,00	12,33	0,01	2,4
AB 27-33	1,02	11,14	0,01	2,4
B _t 33-92	0,43	1,08	0,01	2,6
B _к 92-158	0,00	0,00	0,00	3,8
BC _к 158-192	0,00	0,00	0,00	3,0
Разрез 11. Нижняя треть склона, чернозем выщелоченный маломощный слабогумусированный (пашня, кормосмесь: горох, овес)				
A _{пах} 0-20	2,59	12,25	0,02	3,8
AB 20-28	0,86	7,00	0,01	1,4
B _t 28-54	0,17	1,77	0,01	1,6
B _к 54-85	0,10	0,00	0,01	2,2
BC _к 85-149	0,00	0,00	0,00	2,2
Склон южной экспозиции				
Разрез 20. Верхняя треть склона, чернозем обыкновенный среднемогучный слабогумусированный (пашня, горох)				
A _{пах} 0-20	3,45	35,00	0,06	4,4
A 20-38	3,10	19,95	0,04	3,0
AB _к 38-57	2,27	10,06	0,01	2,0
B _к 57-85	0,17	0,00	0,01	1,6
BC _к 85-160	0,00	0,00	0,00	1,6
Разрез 19. Средняя часть склона, чернозем выщелоченный среднемогучный слабогумусированный (пашня, пшеница)				
A _{пах} 0-22	2,41	20,5	0,04	5,9
A 22-37	1,86	9,08	0,02	3,5
AB 37-53	1,79	7,55	0,02	3,5
B _t 53-64	0,86	1,60	0,01	3,9
B _к 64-104	0,22	0,00	0,00	3,0
BC _к 104-158	0,00	0,00	0,00	2,8
Разрез 15. Нижняя часть склона, чернозем обыкновенный среднемогучный малогумусный (стабионарный участок, бессменные многолетние травы, 34 года)				
A _д 0-3	5,00	35,00	0,14	6,5
A 3-32	3,45	18,33	0,09	6,2
AB _к 32-67	1,41	12,9	0,05	3,9
B _к 67-142	0,93	1,55	0,02	3,3
BC _к 142-160	0,90	0,00	0,00	3,7

Активность оксидоредуктазы (каталазы) наблюдается по всему профилю всех исследуемых черноземов, но в верхних горизонтах она выше. Каталаза (фермент класса оксидоредуктаз) разлагает ядовитую для клеток перекись водорода, обра-

зующуюся в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ, на воду и молекулярный кислород. Следует учитывать, что в ряде почвенных горизонтах может проявляться

так называемая псевдокаталазная активность, осуществляемая неорганическими катализаторами [9].

Использование информационно-логического метода анализа позволило установить состояние показателей ферментативной активности в профиле чернозема в слое 0-60 см (табл. 2). Данные показывают уменьшение активности ферментов с глубиной взятия образца.

Зависимость между показателями ферментативной активности образцов почв, отобранных из пахотного слоя полей зернопаровых севооборотов, от содержания в них гумуса представлена в таблице 3. При этом показатели биологической активности в исследуемом диапазоне были разбиты на соответствующие ранги. По мере возрастания ранга ферментативная активность усиливается. Малогумусные

черноземы (с содержанием гумуса более 4%) характеризуются более высокими значениями ферментативной активности, чем слабогумусированные (с содержанием гумуса менее 4%). В литературе отмечается, что активность данных ферментов, прежде всего, коррелирует с качественными и количественными показателями гумуса и может быть использована как показатель плодородия [10].

Обработка объединенных данных за три года исследования информационно-логическим методом анализа показало, что в пахотном слое черноземов на водоразделе и склоне южной экспозиции создаются условия активизирующие активность гидролитических ферментов (табл. 4). Почвы северного склона характеризуются наименьшими значениями ферментативной активности.

Таблица 2

Ферментативная активность в профиле чернозема в слое 0-60 см по специфичным состояниям (2006 г.)

Слой почвы, см	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы за 48 ч	Уреаза, мг N/NH ₄ на 1 г почвы за 3 ч	Каталаза, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 мин.
0-20	20-40	> 0,06	6-8
20-40	10-20	0,02-0,06	4-8
40-60	< 10	< 0,02	< 2-4
Т	0,4955	0,3674	0,5470
К	0,3127	0,2317	0,2116

Таблица 3

Ферментативная активность черноземов в слое 0-20 см в зависимости от содержания гумуса в них (2006-2008 гг.)

Общее содержание гумуса, %	Инвертаза		Уреаза		Каталаза	
	мг глюкозы на 1 г почвы за 48 ч	ранг	мг N/NH ₄ на 1 г почвы за 3 ч	ранг	мл O ₂ на 1 г почвы за 1 мин.	ранг
> 4	20-40	2-3	> 0,12	3	4-6 ÷ > 6	2-3
3-4	10-20	1	0,06-0,12 ÷ > 0,12	2-3	< 4	1
2-3	10-20	1	< 0,06	1	< 4	1
Т	0,2783		0,5756		0,2473	
К	0,1963		0,3854		0,1589	

Таблица 4

Ферментативная активность черноземов в слое 0-20 см в зависимости от экспозиции склона (2006-2008 гг.)

Элемент рельефа	Экспозиция склона	Инвертаза		Уреаза		Каталаза	
		мг глюкозы на 1 г почвы за 48 ч	ранг	мг N/NH ₄ на 1 г почвы за 3 ч	ранг	мл O ₂ на 1 г почвы за 1 мин.	ранг
Водораздел	-	20-40	2-3	> 0,12	3	4-6	2
Склон	Северная	10-20	1	< 0,06 ÷ 0,06-0,12	1-2	< 4	1
	Южная	20-40	2-3	0,06-0,12 ÷ > 0,12	2-3	4-6 ÷ > 6	2-3
Т		0,4626		0,1412		0,2388	
К		0,3181		0,0959		0,1683	

Выводы

1. Пахотный слой почвы агрогенных черноземов характеризуется наибольшими значениями ферментативной активности. Активность гидролитических ферментов в большей мере проявляется в гумусовом горизонте исследуемых черноземов. Каталазная активность наблюдается по всему почвенному профилю.

2. Черноземы слабогумусированные на склоне северной экспозиции, в сравнении с черноземами малогумусными на водоразделе и склоне южной экспозиции, характеризуются более низкими значениями ферментативной активности.

3. По степени связи активности фермента с изученными факторами можно построить следующие ряды:

- с содержанием гумуса в почве (слой 0-20 см): уреазы ($K = 0,3854$) > инвертаза ($K = 0,1963$) > каталаза ($K = 0,1585$);

- с экспозицией склона: инвертаза ($K = 0,3181$) > каталаза ($K = 0,1683$) > уреазы ($K = 0,0959$).

Библиографический список

1. Чуюн Г.А. Агрохимические свойства типичного чернозема в зависимости от экспозиции склона / Г.А.Чуюн, В.В. Ермаков, С.И.Чуюн // Почвоведение. – 1987. – № 12. – С. 39-46.

2. Звягинцев Д.Г. Почвы и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.

3. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения / Ф.Х. Хазиев, А.Е. Гулько //

Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 88-103.

4. Бабьева И.П. Биология почв / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 248 с.

5. Бурлакова Л.М. Качественная оценка плодородия агрогенных черноземов северной и южной экспозиции высокого Алтайского Приобья / Л.М. Бурлакова, Е.В. Кононцева // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. V Международ. науч.-практ. конф. – В 3 кн.– Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – Кн. 2. – С. 419-422.

6. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.

7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304с.

8. Пузаченко Ю.Т. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях / Ю.Т. Пузаченко, А.В. Мошкин // Итоги науки. Сер. Мед. география. – М.: ВИНТИ, 1969. – Вып. 3. – С. 5-71.

9. Семиколенных А.А. Каталазная активность почв Северной тайги (Архангельская область) / А.А. Семиколенных // Почвоведение. – 2001. – № 1. – С. 90-86.

10. Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы / А. Свирскене // Почвоведение. – 2003. – № 2. – С. 202-210.



УДК 574:636.085

**Л.И. Перепёлкина,
В.В. Шишкин**

**ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИАМУРЬЯ
НА УРОВЕНЬ СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В ПОЧВАХ И КОРМАХ**

Ключевые слова: селен, ртуть, свинец, кадмий, почва, корма.

Селен является жизненно необходимым элементом, хотя по своей биологической активности он в определенных концентрациях относится к классу чрезвычайно токсичных веществ. В животном организме в процессе обмена веществ является силь-

ным антагонистом тяжелых металлов (Cd, Pb, Hg).

При недостатке селена в кормах (ниже 0,1 мг/кг) в организме животных снижается активность целого ряда важнейших ферментов, нарушаются процессы нейтрализации гидроперекисей и перекисей липидов, развивается оксидантный стресс. Он влияет на функцию щитовидной желе-