

БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

А. И. Косолапова, д-р с.-х. наук; **Д. С. Фомин**, канд. с.-х. наук,
Пермский НИИСХ ПФИЦ УрО РАН,
ул. Культуры, 12, с. Лобаново, Пермский край, Россия, 614532
E-mail: pniish@rambler.ru;

М. Г. Субботина, канд. с.-х. наук,
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,
ул. Петропавловская, 23, г. Пермь, Россия, 614990
E-mail subbotina@mail.ru

Аннотация. Биохимические свойства являются важнейшей составляющей потенциального почвенного плодородия наряду с содержанием гумуса, количеством лабильного органического вещества, содержанием элементов питания и реакцией среды. В работе изучены ферментативная активность и дыхание дерново-слабоподзолистых тяжелосуглинистых почв опытного поля Пермского НИИСХ с. Лобаново Пермского края в биогеоценозах: пашня (чистый пар) – пашня (бессменный ячмень) – залежь 20 лет – коренной лес (более 100 лет). Установлена тесная прямая зависимость между целлюлозоразлагающей способностью и продуцированием углекислого газа почвами изучаемых вариантов ($r = 0,95 \pm 0,09$). Наиболее оптимальные условия для биохимических процессов дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы формируются в условиях залежи с луговой растительностью, где отмечены наибольшие показатели дыхательной активности (6,74 кг/га в час), целлюлозолитической (49%) и инвертазной активности (32,6 мг глюкозы/г почвы за сутки). Различия биохимических свойств почв разного землепользования указывают на изменения в протекании процессов минерализации органического вещества, трансформации качественного состава и накоплении гумуса. Это обусловлено, в первую очередь, скоплением на поверхности почвы свежего органического опада и уже сформированной подстилки луговых трав.

Ключевые слова: залежь, севооборот, биогеоценоз, ферментативная активность, дыхание почвы.

Введение. Одной из основных задач государственной программы развития сельского хозяйства РФ на 2013–2020 гг. является предотвращение выбытия земель сельскохозяйственного назначения, сохранение и вовлечение их в сельскохозяйственное производство, разработка программ сохранения и восстановления плодородия почв (Постановление Правительства РФ от 29.07.2017 г. N 902) [1].

Биохимические свойства являются важнейшей составляющей потенциального почвенного плодородия наряду с другими агрономически ценными показателями, такими как содержание и запасы гумуса; количество лабильного органического вещества; содержа-

ние питательных веществ; реакция почвенного раствора и т.д.

Биохимические процессы, проходящие в почве, связаны с превращением веществ и энергии, синтезом и распадом гумуса, окислительно-восстановительным режимом почвы, гидролизом органических соединений, и осуществляются с помощью ферментов [2, 3].

Целью наших исследований являлось изучение биохимических свойств дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы в зависимости от вида землепользования.

Методика. Исследования проводили в 2015 г. в условиях опытного поля Пермского НИИСХ в различных биогеоценозах: пашня

(чистый пар) – пашня (бессменный ячмень) – пашня (ячмень в севообороте) – залежь 37 лет – коренной лес (более 100 лет). Объект исследования – дерново-слабоподзолистые тяжелосуглинистые почвы на покровных от-

ложениях красноцветной бескарбонатной глины. Исследуемый участок расположен вблизи с. Лобаново Пермского района Пермского края на очень пологом длинном склоне северо-восточной экспозиции.

Таблица 1

Местоположение и ботаническое описание изучаемых биогеоценозов (отбор проб в июле 2015 г.)

№	Экосистема (возраст, лет)	Координаты °с.ш./°в.д.	Растительность	Горизонт	Мощность, см
1	Пашня (37)	57°83'67/56°29'53	Бессменный чистый пар	A _{пах}	0-22
2	Пашня (37)	57°83'67/56°29'26	Бессменный ячмень	A _{пах}	0-25
3	Залежь (37)	57°83'69/56°29'18	Ежа сборная, пырей, кострец безостый, мятлик луговой, клевер красный, мышиный горошек, земляника лесная	A	2-25
4	Коренной лес (>100 лет)	57°83'64/56°28'21	Ель, пихта, липа, береза, рябина, черемуха, смородина, сныть, звездчатка, копытень, кислица обыкновенная, чистотел	A	2-14
				A ₂ B	14-35

Залежная растительность представлена разнотравно-злаковым луговым фитоценозом, подвергавшимся ранее (20 лет назад) систематическому сенокосению, без признаков зарастания древесной растительностью (табл. 1). Проективное покрытие – 90%, высота травостоя – 35 см.

Древесная растительность лесного фитоценоза представлена в основном пихтами, елями. В подлеске – рябина, черёмуха, ива. В кустарниковом ярусе – смородина, шиповник, малина. В травянистый покров леса входят: кислица, сныть, звездчатка, копытень и др. Живое проективное покрытие – 60%, высота травостоя – 20 см.

Отбор образцов проводили в узлах гексагональной 7-точечной решетки с расстоянием от центрального узла решетки до периферических – 7 м. С пашни образцы отбирали с глубины 5–25 см, а в лесу – с гумусовых горизонтов.

Агротехника культур, выращиваемых на пашне, общепринятая для центральной зоны Пермского края. Удобрения на пашне в период ведения севооборота (37 лет) не вносились.

Метеорологические условия вегетационного периода 2015 г. были недостаточно благоприятными, отличались повышенной влажностью и низкими температурами, на что указывает гидротермический коэффициент, превышающий 2 единицы.

Дыхательную активность определяли путем адсорбции CO₂ с поверхности почвы по

методу В. И. Штатнова, дополненного Б. Н. Макаровым (1975) [4]. Активность ферментов определяли с использованием спектрофотометрических методов. Целлюлозоразлагающую активность определяли аппликационным методом [3].

Статистическую обработку данных проводили с использованием описательной статистики MS Excel и по Б.А. Доспехову (2011) [5].

Результаты. Исследованные почвы различались по содержанию гумуса (1,3–4,1% – для верхних слоев), наибольшая величина которого отмечена в коренном лесу (табл. 2). Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая почва коренного леса характеризовалась сильнокислой реакцией среды, высокой гидротической кислотностью, что указывает на более выраженный подзолистый процесс.

Почвы лесного биоценоза и залежи отличались от других изучаемых вариантов более высоким содержанием минерального азота (40 и 32 мг/кг), а также повышенной и высокой обеспеченностью подвижным фосфором.

Отношение содержания аммонийной формы азота к нитратной на пашне составило 1,1, в почве залежи – 2,2 и в лесу – 2,9, что, по мнению Scujins, Klubek (1982), может характеризовать луговой и лесной биогеоценозы как более климаксные устойчивые экосистемы по сравнению с пахотными агроценозами, где природное равновесие нарушено [6].

Таблица 2

Агрохимическая характеристика дерново-слабоподзолистой тяжелосуглинистой почвы опытного поля Пермского НИИСХ, 2015г.

Вариант	Гумус, %	рН _{KCl}	мг-экв/100 г почвы			V, %	мг/кг почвы			
			Hг	S	ЕКО		N-NO ₃	N-NH ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Бесменный чистый пар	1,34	4,5	2,7	19,0	21,8	88	8,7	9,7	71	271
Бесменный ячмень	1,88	4,7	3,5	23,8	27,0	87	6,7	7,4	63	240
Залежь	2,36	4,6	3,0	23,4	26,4	89	9,8	21,7	128	164
Лес (2–14 см)	4,10	3,7	5,9	20,4	26,3	78	10,2	29,7	170	203
Лес (14–35 см)	0,60	3,5	5,9	25,5	31,4	81	-	-	73	105

Универсальным показателем деятельности почвенных микроорганизмов является продуцирование ими углекислого газа. Совокупность популяций разных видов микроорганизмов по-разному реагирует на виды землепользования. Так, например, достоверно увеличивается интенсивность дыхания в залежной почве (рисунок, табл. 3), где зафиксирован наибольший показатель, который в среднем составил 6,74 кг/га в час, затем сле-

дует почва под посевом ячменя севооборотных полей.

Наиболее низкий уровень эмиссии CO₂ отмечен на почве лесного биоценоза – 0,9 кг/га в час, что, по-видимому, связано с различием гидротермических условий почвы по сравнению с другими исследуемыми вариантами (табл. 3), а также более высокой кислотностью (табл. 2).

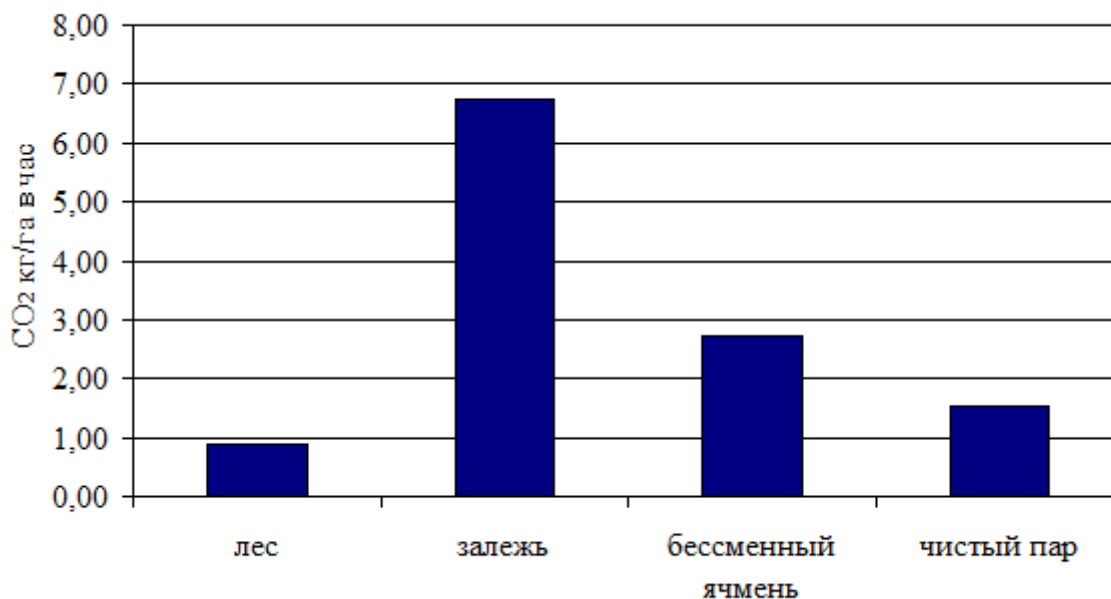


Рис. Продуцирование CO₂ дерново-слабоподзолистыми почвами биоценозов, среднее за июнь-июль 2015 г.

Так, в июле температура почвы в лесу была на 4 °С ниже, чем на залежном участке и на 2 °С – по сравнению с пашней. Влажность почвы в лесу также значительно превышала показатели вариантов в полевых условиях.

Е.В. Благодатской с соавт. (1995) установлена положительная корреляция дыхательной активности с температурой почвы и отрицательная – с влажностью [7].

Продуцирование CO₂ дерново-слабоподзолистой тяжелосуглинистой почвой опытного поля Пермского НИИСХ, 2015 г.

Вариант	Июнь		Июль	
	CO ₂ , кг/га в час	CO ₂ , кг/га в час	температура почвы, °С	влажность почвы, %
1. Чистый пар	2,22±0,54	0,85±0,12	15	18,2±1,2
2. Бессменный ячмень	4,19±0,24	1,26±0,07	16	20,1±0,8
3. Залежь	9,52±0,79	3,95±0,50	18	22±1,2
4. Лес	1,65±0,56	0,11±0,05	14	27,2±4,2

Такие различия микроклимата почвы могли оказывать влияние и на другие биохимические свойства почв, на которые влияют многие факторы, такие как севооборот, удобрения, обработка почвы и т.д. [8–11]. Одним из главных показателей биологической активности является скорость разложения целлюлозы.

В наших исследованиях процесс разложения клетчатки наиболее интенсивно протекал в залежной почве (табл. 4). Известно, что клетчатка может разрушаться как бактериями,

так и грибами. По данным Т.В. Аристовской (1980), в кислых дерново-подзолистых почвах грибы преобладают над бактериями [12]. По нашему мнению, более интенсивное разложение целлюлозы (49%) в почве залежи и пашни в севообороте (38%) указывает на более интенсивные процессы трансформации первичного органического вещества и вовлечения труднодоступных форм углеводов в биологический круговорот.

Таблица 4

Ферментативная активность дерново-слабоподзолистой тяжелосуглинистой почвы опытного поля Пермского НИИСХ, 2015 г.

Вариант	Целлюлозоразлагающая активность, %	Инвертаза, мг глюкозы×г ⁻¹ ×сут ⁻¹	Уреаза, мг NH ₃ ×10г ⁻¹ ×24ч ⁻¹
1. Чистый пар	31	32,3±0,4	9,1±1,5
2. Бессменный ячмень	38	31,3±0,2	27,8±2,9
3. Залежь	49	32,6±0,3	8,8±1,9
4. Лес	32	31,7±0,2	12,2±0,5
НСР ₀₅	6	–	–

Так, целлюлозоразлагающая активность дерново-слабоподзолистой почвы исследуемых биоценозов была прямопропорциональна продуцированию CO₂, установлена тесная корреляционная зависимость между значениями этих показателей на всех изученных вариантах ($r = 0,95 \pm 0,09$). Н.В. Полякова с соавт. (2009) полагают, что усиление активности деструкторов целлюлозы не способствует минерализации гумуса, а разлагает первичные органические вещества, поступающие в почву с образованием гумусовых веществ [13].

Для дерново-подзолистых почв не характерна высокая уреазная активность в силу генетических особенностей, в исследуемых нами вариантах активность фермента была низкой (табл. 4). Наибольшая активность фермента отмечена в почве под бессменным посевом ячменя: каждые 10 г этой почвы в сутки ферментативно высвобождают 28 мг аммония, что, по шкале Д. Г. Звягинцева [3]

характеризует ее как среднеобогатненную уреазой. Установлена обратная корреляционная зависимость между содержанием нитратного азота и активностью уреазы в изучаемых почвах ($r = -0,86 \pm 0,16$).

Исследования многих авторов показали, что активность инвертазы лучше других ферментов отражает уровень плодородия и биологической активности почв, находится в тесной зависимости с содержанием гумуса [3, 14]. Полученные нами показатели активности инвертазы почв исследуемых вариантов находились на уровне 31,2–32,6 мг глюкозы/г почвы за сутки, и по шкале оценки [3] характеризуются как средние. В исследовании не установлены связи между содержанием гумуса и активностью гидролаз.

Выводы. Залежная дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая почва под луговой растительностью имеет более высокий пул диоксида углерода и активность

разложения клетчатки, а, следовательно и углерода микробной биомассы, что указывает на различия процессов минерализации органического вещества, трансформации качественного состава и накопления гумуса по сравнению с пахотной почвой. Это обусловлено, в первую очередь, скоплением на поверхности почвы свежего органического опада и уже сформированной подстилки.

Таким образом, почвы одного подтипа, находясь в различном землепользовании, существенно отличаются по биохимическим свойствам, а, следовательно и уровню плодородия. Наиболее оптимальные условия для биохимических процессов дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы Среднего Предуралья формируются в условиях залежи с луговой растительностью.

Авторы выражают благодарность лаборатории земледелия и агрохимии Пермского НИИСХ ПФИЦ УрО РАН в лице Ямалдиновой Венеры и Брюховой Татьяны и лаборатории освоения агрозоотехнологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ в лице Ирины Яшиной и Виктора Мурыгина за выполнение аналитических исследований и помощь в отборе проб и проведении полевых наблюдений.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» [Электронный ресурс] Режим доступа : URL: <http://gov.garant.ru/document?id=70110644&byPara=1&sub=1135812> (дата обращения 03.11.2017).
2. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв : методическое пособие. М. : Наука, 1976. 178 с.
3. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону : Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
4. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А. В. Соколова. М. : Наука, 1975. С. 121–157.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Альянс, 2011. 352 с.
6. Scujins J., Klubek B. Soil biological properties of a mountain forest sere: corroboration of Odum's postulates // Soil Biology and biochemistry. 1982. V. 14. № 5. P. 505–513.
7. Благодатская Е. В., Ананьева Н. Д., Мякшина Т. Н. Характеристика состояния микробного сообщества почв по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. 1995. №2. С. 205–210.
8. Дзюин Г. П., Белоусова Л. А., Ложкина С. В. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2006. № 8. С. 75–79.
9. Авров О. Е. Влияние температуры и влажности почвы на разложение соломы // Использование соломы как органического удобрения. М. : Наука, 1980. С. 103–113.
10. Fischer, T., Subbotina, M. Climatic and soil texture threshold values for cryptogamic cover development: a meta analysis // Biologia. 2014. 69/11:1520–1530.
11. Subbotina M., Mikhailova L., Kuznetsova T. The carbon of microbial biomass and microbial producing of carbon dioxide of soddy shallow clay loam podzolic soil under the influence of bio-waste // Proceedings of the International soil science Conference "Soils in space and Time". 2013. Pp. 257–258.
12. Аристовская Т. В. Микробиология процессов почвообразования. Л. : Наука, 1980. 187 с.
13. Плодородие темно-серых лесных почв при их окультуривании / Н. В. Полякова, В.В. Ивенин, Ю.Н. Платоных [и др.] // Плодородие. 2009. № 1. С. 34–35.
14. Subbotina M., Fischer, T., Mikhailova L., Losev D. The influence of postagrogenic transformation on biological properties of soddy shallow clay loam podzolic soil in the Preduralie // Agriculture and Forestry. 2016. Vol.62. Issue 1: 59–63.

BIOCHEMICAL PROPERTIES OF SODDY-PODZOLIC HEAVY LOAM SOILS OF DIFFERENT KIND OF LAND USE IN MIDDLE PREDURALIE

A. I. Kosolapova, Dr. Agr. Sci.; **D. S. Fomin**, Cand. Agr. Sci.

Perm Agricultural Research Institute
Branch of Perm Federal Research Center
of Russian Academy of Science
12 Cultury St., Lobanovo, Permskii Krai, 614532 Russia
E-mail: pniish@rambler.ru

M. G. Subbotina, Cand. Agr. Sci.
Perm State Agro-Technological University
23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990 Russia
E-mail: subbotina@mail.ru

ABSTRACT

Biochemical properties are the most important component of potential soil fertility along with the content of humus, the amount of labile organic matter, the content of nutrients and the acidity. The article deals with enzymatic activity and respiration of soddy-podzolic heavy loamy soils in biogeocenoses: arable land (pure fallow) - arable land (permanent barley) – fallow land (20 years old) – pioneer forest (more than 100 years old) in the site of the experimental field of the Perm Agricultural Research Institute, Lobanovo, Permskii Krai. Data is given about close direct relationship between the cellulose-decomposing capacity and the carbon dioxide emission by the soils of the studied variants ($r = 0.95 \pm 0.09$). The most optimal conditions for the biochemical processes of soddy-podzolic heavy loamy soil are formed in the fallow land with the meadow vegetation. There is maximal activity of soil respiration (6.74 kg/ga/hour), cellulose destruct (49 per cent) and invertase activity (32.6 mg glucose/g of soil/24 hour). The difference of biochemical properties between the soils of different kind use of land indicate changes in the processes of mineralization of organic matter, transformation of qualitative composition and accumulation of humus. This is primarily due with accumulation of fresh organic litter on the soil surface and formed layer of mort mass of meadow grasses.

Key words: fallow, crop rotation, biogeocoenosis, enzyme activity, respiration of soil.

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 iyulya 2012 g. N 717 «O Gosudarstvennoi programme razvitiya sel'skogo khozyaistva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaistvennoi produktsii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013–2020 gody» (State development programme of agriculture and regional markets of agricultural goods, raw materials and provision for 2013–2020) [Elektronnyi resurs] Rezhim dostupa: URL: <http://gov.garant.ru/document?id=70110644&byPara=1&sub=1135812>. (data obrashcheniya 03.11.2017).
2. Khaziev F. Kh. Fermentativnaya aktivnost' pochv (Enzyme activity of soils), metodicheskoe posobie, Moscow, Nauka, 1976, 178 p.
3. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Val'kov V. F. Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniya (Biodiagnostics and indications of soil: investigation methodology and methods), Rostov-na-Donu, Izd-vo RGU, 2003, 216 p.
4. Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv (Agrochemical methods of soils investigation), pod red. A. V. Sokolova, Moscow, Nauka, 1975, pp. 121–157.
5. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (Methodology of field experiment), Moscow, Al'yans, 2011, 352 p.
6. Scujins J., Klubek B. Soil biological properties of a mountain forest sere: corroboration of Odum's postulates, Soil Biology and biochemistry, 1982, V. 14, No. 5, pp. 505–513.
7. Blagodatskaya E. V., Anan'eva N. D., Myakshina T. N. Kharakteristika sostoyaniya mikrobnogo soobshchestva pochv po velichine metabolicheskogo koeffitsienta (Characteristics of soil microbial community by the metabolic coefficient), Pochvovedenie, 1995, No. 2, pp. 205–210.
8. Dzyuin G. P., Belousova L. A., Lozhkina S. V. Biologicheskaya aktivnost' dornovo-podzolistoi pochvy (Bioactivity of sod-podzolic soil), Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2006, No. 8, pp. 75–79.
9. Avrov O. E. Vliyanie temperatury i vlazhnosti pochvy na razlozhenie solomy (Influence of temperature and moisture of the soil on straw decomposition), Ispol'zovanie solomy kak organicheskogo udobreniya, Moscow, Nauka, 1980, pp. 103–113.
10. Fischer, T., Subbotina, M. Climatic and soil texture threshold values for cryptogamic cover development: a meta analysis, Biologia, 2014, 69/11, pp. 1520–1530.
11. Subbotina M., Mikhailova L., Kuznetsova T. The carbon of microbial biomass and microbial producing of carbon dioxide of soddy shallow clay loam podzolic soil under the influence of bio-waste, Rroceedings of the International soil science Conference “Soils in space and Time”, 2013, pp. 257–258.
12. Aristovskaya T. V. Mikrobiologiya protsessov pochvoobrazovaniya (Microbiology of soil formation processes), Leningrad, Nauka, 1980, 187 p.
13. Poliakova N. V., Ivenin V. V., Platonycheva Y. N., Volodina E. V. Plodorodie temno-serykh lesnykh pochv pri ikh okult'urivaniy (Fertility of the dark grey forest soils after cultivation), Plodorodie, 2009, No. 1, pp. 34–35.
14. Subbotina M., Fischer, T., Mikhailova L., Losev D. The influence of postagrogenic transformation on biological properties of soddy shallow clay loam podzolic soil in the Preduralie, Agriculture and Forestry, 2016, Vol. 62, Issue 1, pp. 59–63.