

Л.Н. ПУРТОВА, Л.Н. ЩАПОВА, И.В. КИСЕЛЁВА

Биологическая активность почв природных и агрогенных ландшафтов юга Приморья

Приведены результаты исследований биологической активности автоморфных и гидроморфных почв юга Приморья. Установлено, что почвы природных и агрогенных ландшафтов различаются по содержанию гумуса и уровню их биогенности. Отмечен значительный рост биогенности в агрогенных автоморфных почвах по сравнению с целинными аналогами. Установлены изменения в коэффициентах иммобилизации и олиготрофности.

Ключевые слова: микрофлора, почвы, гумус, биогенность, каталазная активность.

Biological activity of the soils of natural and anthropogenic landscapes of the south of Primorye. L.N. PURTOVA, L.N. SHCHAPOVA, I.V. KISELEVA (Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok).

The results of studies of the biological activity of automorphic and hydromorphic soils in the south of Primorye are presented. It is established that the soils of natural and agrogenic landscapes differ in the content of humus and the level of their biogenesis. There was a significant increase in biogenesis in agrogenic automorphic soils, compared with virgin analogs. Changes in the coefficients of immobilization and oligotrophic were established.

Key words: microflora, soil, humus, biogenesis, catalase activity.

Приуроченность к различным типам ландшафтов, складывающиеся там условия – увлажнения и окислительно-восстановительные – существенным образом сказываются на генезисе почв юга Приморья. В той же мере это влияет на интенсивность протекания микробиологических процессов, а в конечном итоге на экологическое состояние и уровень плодородия почв [16]. Эти факторы оценивают по содержанию доступных элементов питания растений, гумусному состоянию, а также наименее изученным, но важным показателям – ферментативной и микробиологической активности, изучая состав и численность почвенной микробиоты [6, 7, 11], поскольку показатели биогенности определяют трансформацию органического вещества и энергетические параметры почв.

В целом для большинства дальневосточных почв характерно богатое содержание микроорганизмов [11, 13, 15, 16]. Общая численность микрофлоры в них довольно стабильна и может быть одной из основных почвенных характеристик [2]. В последнее время более пристальное внимание уделяется эколого-трофической структуре микрофлоры: коэффициенту иммобилизации минерального азота, коэффициенту олиготрофности [5]. Таксономическую структуру микробного сообщества описывают через соотношение мицелиальных и бактериальных микроорганизмов, а также мицелиальных эукариотов и прокариотов [12, 14]. Важными являются сравнительные данные, полученные по микрофлоре почв

*ПУРТОВА Людмила Николаевна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ЩАПОВА Людмила Никифоровна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, КИСЕЛЁВА Ирина Владимировна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: Purtova@biosoil.ru

природных и агрогенных ландшафтов. При изучении микрофлоры почв Дальневосточного региона данным показателям до последнего времени не уделялось должного внимания.

Цель работы – изучение микрофлоры почв природных и агрогенных ландшафтов юга Приморского края с учетом показателей эколого-трофической и таксономической структуры микробного сообщества и физико-химических параметров почв.

Задачи – исследование физико-химических показателей и микрофлоры почв природных и агрогенных ландшафтов, а также изменений в иммобилизации азота микрофлорой и эколого-трофических показателей при использовании почв в земледелии.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований явились автоморфные и гидроморфные почвы юга Приморья в двух вариантах – целинном и пахотном.

Изученные почвы приурочены к Приханкайской гидротермической провинции, для которой свойственны высокие показатели среднегодовой нормы выпадения осадков (до 700 мм), радиационного баланса (52,2 ккал/см²/год) и затрат энергии на почвообразование (30,6 ккал/см²/год) [11]. Сумма активных температур колеблется от 2450 до 2500 °С. Разложение растительных остатков происходит в теплый влажный период при высокой микробиологической активности почв [13].

Исследованы следующие автоморфные почвы: *текстурно-метаморфическая* (буроподзолистая по классификации Г.И. Иванова [3]), сформированная под дубовым лесом с разнотравьем на тяжелосуглинистых породах, почвенный профиль состоит из горизонтов АУ – Е1m – ВТ – С; *агрозем текстурно-метаморфический*, расположенный на склоне сопки, в котором морфологически выделялся горизонт РU с резким переходом в Е1m, в остальном морфологическое строение профиля аналогично таковому текстурно-метаморфической почвы. Закладку почвенных профилей и отбор почвенных образцов проводили в Спасском районе Приморского края.

Из гидроморфных почв (Уссурийский район Приморского края) исследованы: *темно-гумусово-глеевая* (луговая глеевая), сформированная на озерно-речных глинах под злаково-разнотравным лугом, с набором генетических горизонтов: АU – G – CG; *агротемногумусовая глеевая* на рисовом поле, набор генетических горизонтов профиля РU – G – CG.

Обозначение горизонтов и названия почв даны по классификации 2004 г. [4].

В работе использовали общепринятые в почвоведении методики: определяли кислотность (рН водный, рН солевой) потенциметрически на рН-метре ОР-264, гидролитическую кислотность по Каппену, концентрацию обменных катионов по Шолленбергеру, количество гумуса по бихроматной окисляемости методом Тюрина, содержание азота методом Кельдаля [1]. Число микроорганизмов из основных эколого-трофических групп устанавливали методом посева почвенной суспензии из разведений на агаризованные питательные среды: аммонификаторов – на мясо-пептонный агар (среда МПА), иммобилизаторов и актиномицетов – крахмало-аммиачный агар (КАА), олиготрофов – среду Эшби, грибов – среду Чапека. Каталазную активность почв исследовали газометрически [8]. Из показателей эколого-трофической структуры рассчитывали: коэффициент иммобилизации минерального азота ($K_{\text{имм.}}$ = иммобилизаторы азота/аммонификаторы), коэффициент олигонитрофильности ($K_{\text{олиг.}}$ = олигонитрофилы/аммонификаторы). Таксономическую структуру микробного сообщества оценивали по соотношению мицелиальных и бактериальных микроорганизмов (K_1 = грибы/аммонификаторы), а также мицелиальных эукариотов и прокариотов (K_2 = грибы/актиномицеты) [12].

Основное наше внимание было обращено на физико-химические параметры и микробиологическую активность почв поверхностных горизонтов (табл. 1–3), в которых наиболее интенсивно протекают процессы трансформации органического вещества.

Результаты и их обсуждение

Характерным признаком всех исследуемых почв является большее количество микроорганизмов в верхних горизонтах по сравнению с другими генетическими горизонтами почвенного профиля, что обусловлено характером распределения органического вещества, особенностями его качественного состава и условиями превращения [11, 13, 15, 16]. Процессы гумусообразования, как свидетельствуют показатели водного рН, происходят в условиях слабокислой реакции среды. Почвы насыщены основаниями, а среди обменных катионов в составе почвенного поглощающего комплекса преобладали ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} (табл. 1). Более обогащены кальцием поверхностные горизонты текстурно-метаморфических почв благодаря его значительному поступлению при разложении растительного опада и подстилки.

Таблица 1

Физико-химические показатели почв природных и агрогенных ландшафтов

Почва	Горизонт	Глубина отбора, см	Гумус, %	$\text{N}_{\text{общ.}}$, %	Гк	рН		Обменные катионы, мг экв / 100 г почвы				V
						водный	солевой	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	
Текстурно-метаморфическая (целинная)	AУ	0–4	12,2	0,57	5,6	6,1	5,8	29,4	6,9	0,6	2,2	87
Агроем текстурно-метаморфический	PU	0–20	5,8	0,30	3,0	6,8	6,2	33,0	6,7	0,5	1,5	93
Темногумусово-глеевая мощная целинная	AU	0–20	8,8	0,45	9,5	5,7	5,0	17,8	11,7	0,7	2,1	77
Агротемногумусово-глеевая (пашня из-под рисовой культуры)	PU	0–20	2,9	0,16	1,5	7,2	6,5	16,9	4,9	0,4	1,6	94

Примечание. V – степень насыщенности основаниями, %. Гк – гидролитическая кислотность, мг экв/100 г почвы.

Высокое и очень высокое содержание гумуса свойственно текстурно-метаморфическим почвам, сформированным под дубово-широколиственными лесами. Содержание азота ($\text{N}_{\text{общ.}}$) в горизонте АУ составляет до 0,57 %, а соотношение $\text{C} : \text{N}$, согласно оценочным грациям гумусного состояния [9], низкое (14,5), что свидетельствовало об обедненности азотом органического вещества. Для этих типов почв характерна высокая ферментативная (каталазная) активность, которая соответствовала средней обогащенности каталазой [8] (табл. 2).

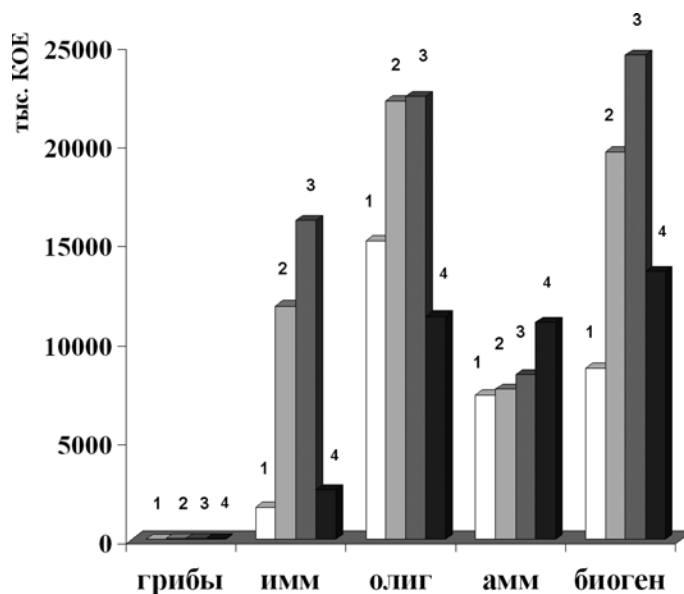
Таблица 2

Каталазная активность (K_a) в почвах природных и агрогенных ландшафтов

Почва	Горизонт	K_a , O_2 , см ³ /г почвы
Текстурно-метаморфическая (целинная)	AУ	5,4
Агроем текстурно-метаморфический	PU	0,7
Темногумусово-глеевая мощная	AU	2,4
Агротемногумусовая глеевая (из-под рисовой культуры)	PU	1,4

Среди ферментов из класса оксидоредуктаз каталаза играет ведущую роль в окислении органических веществ и процессе дыхания. В горизонте PU агроэма текстурно-метаморфического уровень каталазной активности резко снижался. Степень обогащенности почв каталазой менялась со средней на очень низкую.

Иммобилизацию минерального азота осуществляют микроорганизмы, способные усваивать аммиачный, аммонийный и нитратный азот. От степени иммобилизации зависит содержание легкодоступного азота в почве, так как в микробную массу может включаться от 25 до 35 % почвенного азота и удобрений [12]. Показано, что численность микрофлоры, использующей органический азот, в разы меньше той, которая использует азот минеральный, кроме варианта пашни (агрозем текстурно-метаморфический). Количество иммобилизаторов минерального азота значительно уменьшалось в горизонте АУ текстурно-метаморфических почв, и возросла численность аммонификаторов по сравнению с агроземом текстурно-метаморфическим (см. рисунок). Это способствовало снижению коэффициента иммобилизации минерального азота ($K_{имм.}$) до 0,18, что свидетельствовало о заторможенности процессов минерализации органического вещества и его накоплении (табл. 3).



Показатели микрофлоры автоморфных и гидроморфных почв юга Приморья. имм – иммобилизаторы азота, олиг – олигонитрофилы, амм – аммонификаторы, биоген – биогенность (сумма микроорганизмов на МПА, КАА, грибы и актиномицеты). 1–4 – почвы: 1 – текстурно-метаморфическая (целина), 2 – агрозем текстурно-метаморфический, 3 – темногумусово-глеевая, 4 – агро-темногумусовая глеевая (из-под рисовой культуры)

Содержание $N_{общ.}$ в горизонте PU уменьшилось до 0,3 %, а соотношение C : N было низким (13,2). Высокая численность олигонитрофилов в поверхностных горизонтах текстурно-метаморфических почв указывала на недостаточное обеспечение микрофлоры почв легкодоступными соединениями азота.

Параметры K1 и K2, дающие представление о таксономической структуре микробных сообществ, были низкими во всех исследуемых типах почв, что связано с однообразием родового состава (*Penicillim*, *Cladosporium*, *Trichoderma*) и низкой численностью (19 тыс. КОЕ/г почвы) грибов. В горизонте PU агрозема текстурно-метаморфического зафиксировано возрастание количества грибов до 42 тыс. КОЕ. В составе микромицетов горизонта PU агрозема текстурно-метаморфического большой процент составляют грибы рода *Trichoderma*.

В темногумусово-глеевых почвах процессы гумусообразования происходят в условиях слабокислой реакции среды. Для них характерны высокое содержание гумуса и высокая степень насыщенности основаниями. Процессы минерализации органических остатков замедляются, несмотря на высокую биогенность почв, что обусловлено их переувлажнением

Эколого-трофическая и таксономическая структура микробного сообщества естественных и пахотных почв

Почва	Горизонт	$K_{\text{имм.}}$	$K_{\text{олиг.}}$	K1	K2
Текстурно-метаморфическая (целинная)	AУ	0,18	2,07	0,002	Н.о.
Агрозем текстурно-метаморфический	PU	1,55	2,92	0,005	0,10
Темногумусово-глеевая мощная	AU	1,84	2,68	0,003	0,04
Агротемногумусовая глеевая (из-под рисовой культуры)	PU	0,22	1,02	0,004	Н.о.

Примечание. Н.о. – не определено.

и тяжелым гранулометрическим составом. Из-за переувлажнения в естественном состоянии для них свойственна низкая степень обогащенности каталазой.

В агротемногумусово-глеевых почвах рисового поля, по сравнению с темно-гумусовыми глеевыми, содержание гумуса уменьшалось до низких значений (2,9 %). Связано это с проведенной ранее планировкой поверхности поля, при которой происходило частичное снятие плодородного слоя. При этом прослеживалось и снижение содержания $N_{\text{общ.}}$ с 0,45 до 0,16 %. Показатель $C : N$ оставался на уровне низких значений (13,2–12,4). Снижались обогащенность горизонта PU каталазой (от 2,4 до 1,4 $\text{см}^3 \text{O}_2/\text{г}$ почвы) и уровень биогенности (от 24 500 тыс. до 13 550 тыс. КОЕ/г почвы) по сравнению с целинными вариантами. Резкое уменьшение показателей $K_{\text{имм.}}$ до 0,22 указывало на заторможенность процессов минерализации органического вещества микрофлорой. При этом в агротемногумусовых глеевых почвах численность микрофлоры, использующий минеральный азот, значительно ниже той, которая использует органический азот, тогда как в целинном аналоге установлена обратная зависимость. Численность микрофлоры в горизонте PU возросла до 44 тыс. КОЕ/г почвы, по сравнению с горизонтом AU (29 тыс. КОЕ/г почвы). Увеличилось разнообразие микромицетов, в составе которых появляются роды, свойственные луговым пахотным почвам (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Trichoderma*).

Выводы

1. Автоморфные и гидроморфные почвы природных и агрогенных ландшафтов юга Приморья различаются по содержанию гумуса и уровню их биогенности. Распашка и использование почв в земледелии привела к усилению процессов минерализации органического вещества, что отразилось в снижении содержания гумуса в горизонте PU. Отмечен значительный рост биогенности в агроземе текстурно-метаморфическом, по сравнению с целинными аналогами. В агротемногумусовой глеевой почве с очень низким содержанием гумуса и низкими показателями эколого-трофической и таксономической структуры микробного сообщества ($K_{\text{имм.}} = 0,22$, $K_{\text{олиг.}} = 1,02$, $K1 = 0,004$) биогенность снижалась.

2. В целинных вариантах исследуемых почв, по сравнению с пахотными аналогами, численность микрофлоры, которая использует минеральный азот, была больше той, что использует органический. Высокие показатели олигонитрофильности также указывают на низкую обеспеченность микрофлоры органическим азотом. Это во многом связано с обедненностью этим элементом органического вещества, что подтверждается широким отношением $C : N$. Сельскохозяйственное использование приводит к активизации микробиологических процессов минерализации и снижению содержания азота в пахотных горизонтах в текстурно-метаморфических почвах с 0,57 до 0,30 %, темногумусовых глеевых – с 0,45 до 0,16 %.

3. Распашка и использование почв в системе земледелия изменили их микробный ценоз. В агроземе текстурно-метаморфическом и агротемногумусовой глеевой почве возросла численность грибов с 19 до 42 и с 29 до 44 тыс. КОЕ по сравнению с целинными

аналогами. Прослеживались изменения в коэффициентах иммобилизации и олигонитрофильности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М: МГУ, 1970. 487 с.
2. Звягинцев Д.Г. Почвы и микроорганизмы. М.: Изд-во МГУ, 1987. 256 с.
3. Иванов Г.И. Классификация почв равнин Приморья и Приамурья. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1966. 47 с.
4. Классификация и диагностика почв России / сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Толстоногов, И.И. Лебедева. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Колесников С.И., Ротина Е.Н., Казеев К.Ш. Экобиотехнология оценки эффективности рекультивации почв по биологическим показателям // Изв. Самарского НЦ РАН. 2013. Т. 15, № 3-5. С. 1625–1628.
6. Лихачева В.А. Биологическая активность как показатель эффективности агротехнических приемов // Совершенствование путей рационального использования и мелиорации почв Дальнего Востока: сб. науч. тр. Уссурийск: ПСХИ, 1982. С. 3–8.
7. Лихачева В.А., Бубенчикова Р.А. Влияние длительного окультуривания лугово-бурой оподзоленной почвы на ее биологическую активность // Плодородие почвы и продуктивность культур при повышении уровня интенсификации земледелия в Приморском крае: сб. науч. тр. Уссурийск: ПСХИ, 1976. Вып. 43. С. 44–52.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М: МГУ, 1991. 304 с.
9. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
10. Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Емельянов А.Н., Иншакова С.Н. Изменение показателей плодородия почв в агробраземах Приморья в условиях фитомелиоративного опыта // Вестн. КрасГАУ. 2011. № 11. С. 62–66.
11. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Содержание органического углерода и энергозапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России: оценка и методы индикации. Владивосток: Дальнаука, 2009. 121 с.
12. Стахурлова Л.Д., Свистова И.Д., Щеглов Д.И. Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах // Почвоведение. 2007. № 6. С. 769–774.
13. Хавкина Н.В. Гумусообразование и трансформация органического вещества в условиях переменного-глеевого почвообразования. Владивосток; Уссурийск: Докучаев. о-во почвоведов: БПИ ДВО РАН: ПГСХА, 2004. 270 с.
14. Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н. Оценка экологического состояния почв степных агроэкосистем по показателям биологической активности // Вестн. НВГУ. 2017. № 1. С. 103–108.
15. Шапова Л.Н., Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Биологическая активность почв юга Дальнего Востока России // Вестн. КрасГАУ. 2014. № 5. С. 64–69.
16. Шапова Л.Н. Микрофлора почв юга Дальнего Востока России. Владивосток: ДВО РАН, 1994. 186 с.