

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕЛИННОЙ И ПАХОТНОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Н.Е. Завьялова, д.б.н., Д.Г. Шишков, Я.В. Енина, Пермский НИИСХ Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12,

email: nezavyalova@gmail.com

Проведено сравнение агробиологических показателей целинной дерново-подзолистой почвы под злаково-разнотравным лугом, смешанным лесом с различными вариантами длительного стационарного опыта. Установлены снижение уровня гумуса в стационарном опыте в варианте без удобрений на 19% относительно исходного уровня и его сохранение при длительном внесении NPK по 60-150 кг д.в./га. Внесение NPK в дозе 150 кг д.в./га привело к подкислению почвы до pH_{KCl} 4,5, уменьшению количества бактериальной микрофлоры в 2-4 раза относительно варианта без удобрений. Кислая реакция среды подавляет биохимические процессы в почве под смешанным лесом. Очень высокая корреляционная связь установлена между содержанием гумуса и бактерий-гетеротрофов ($r=-0,9$), средняя - между содержанием гумуса и бактерий-нитратредукторов ($r=-0,5$) и нитрифицирующей способностью почвы ($r=0,6$).

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, длительный стационарный опыт, микроорганизмы, нитрифицирующая и целлюлозоразлагающая активность, агробиологические свойства почвы.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.15

Воспроизводство плодородия дерново-подзолистых почв связано с применением органических и минеральных удобрений, извести, использованием севооборота. Действие этих факторов оказывает разностороннее влияние на физико-химические, биологические, агрохимические свойства почвы. Очень чувствительными индикаторами, отражающими изменения, происходящие в почве, включая её плодородие, являются микроорганизмы. Почвенные микроорганизмы играют важную роль в круговороте элементов питания, регуляции газового состава атмосферы и формировании почвенной структуры [5, 8, 15]. По данным Л.М. Поддымкиной [13], на легкосуглинистой дерново-подзолистой почве длительное применение NPK увеличивает численность микроорганизмов в 2,2 раза, NPK и навоза – в 3,5 раза, а NPK, навоза и извести – в 8,9 раза по сравнению с неудобренным фоном. По данным Г.П. Дзюина и др. [4], на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве в 8-польном зернотравном севообороте минеральные удобрения не оказали существенного влияния на микробиологическую активность почвы. Для почв неодинакового генезиса характерны сообщества микроорганизмов разного видового состава, разнообразия, различающиеся по количественному соотношению представителей различных эколого-трофических групп. В результате сельскохозяйственного использования почвы структура микробных сообществ изменяется [14].

Цель исследований – изучить влияние длительного применения NPK на агробиологические свойства дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта и сравнить с целинной почвой под смешанным лесом и злаково-разнотравным лугом.

Методика. Полевой стационарный опыт заложен в 1978 г. на опытном поле Пермского НИИСХ ПФИЦ УрО РАН на дерново-подзолистой почве со следующими характеристиками (слой 0-20 см): pH_{KCl} 5,6, гидролитическая кислотность – 2,0, обменная – 0,025, сумма поглощенных оснований – 21,0 мг-экв/100 г почвы, содержание гумуса по Тюрину – 2,12%, подвижных форм фосфора в пахотном слое 175, обменного калия 203

мг/кг почвы (по Кирсанову). Варианты опыта включали пять уровней минерального питания: $(NPK)_0$, $(NPK)_{30}$, $(NPK)_{60}$, $(NPK)_{120}$, $(NPK)_{150}$. Минеральные удобрения вносили под зерновые культуры и картофель, на клевере луговом первого и второго годов пользования изучали их последствие. В опыте использовали N_{aa} , P_{cd} и K_x . Известь вносили перед закладкой опыта по 1,0 г.к. Органические удобрения в опыте не использовали. Севооборот восьмипольный со следующим чередованием культур: 1 – чистый пар; 2 – озимая рожь; 3 – картофель; 4 – пшеница; 5 – клевер 1-го г. п.; 6 – клевер 2-го г. п.; 7 – ячмень; 8 – овес. Общая площадь делянки 120 м², учетная – 76,4 м². Для наблюдений за агробиологическими свойствами почвы в естественных условиях почвообразования были выбраны естественный злаково-разнотравный луг и смешанный лес. В длительном стационарном опыте почвенные образцы отбирали в пятой ротации севооборота после уборки клевера 2-го г.п. с двух несмежных повторений. Агрохимические показатели определяли по общепринятым методикам, содержание микроорганизмов различных групп – по Г.М. Зеновой и др. [9].

Результаты и их обсуждение. Агрохимические свойства верхнего слоя дерново-подзолистой тяжело-суглинистой почвы представлены в таблице 1.

1. Агрохимические свойства целинной дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта (в слое 0-20 см)

Вариант опыта	pH _{KCl}	мг-экв/100 г					мг/кг			Гумус %
		S	Hг	Ca	Mg	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Целинная почва										
Лес	3,7	16,2	8,6	12,0	3,6	2,2	245	280	3,95	
Луг	5,0	20,9	2,5	15,0	3,9	1,3	335	410	2,20	
Пашня										
(NPK) ₀	5,0	21,4	2,2	14,3	2,3	3,4	160	144	1,72	
(NPK) ₃₀	5,0	23,8	1,9	14,3	1,8	3,6	248	151	1,81	
(NPK) ₆₀	4,9	22,6	2,6	13,9	1,9	7,8	267	185	2,02	
(NPK) ₉₀	4,9	21,5	2,8	13,9	2,3	6,8	305	213	2,07	
(NPK) ₁₂₀	4,7	21,2	2,4	13,6	2,4	15,5	370	284	2,15	
(NPK) ₁₅₀	4,5	21,5	3,7	14,4	2,4	17,3	510	367	2,20	
HCP ₀₅	0,2	1,3	0,2	1,2	0,2	2,3	24,0	20	0,13	

В пахотном слое (0-20 см) почвы в варианте $N_{150}P_{150}K_{150}$ pH_{KCl} изменился с 5,6 при закладке опыта до 4,5. Наблюдается тенденция к подкислению почвы в контрольном варианте – сдвиг pH_{KCl} на 0,6 ед. Выявлено увеличение гидролитической кислотности с 2,0 в исходной почве до 2,2 на контроле и 3,7 мг-экв/100 г при внесении максимальной дозы NPK.

Количество гумуса на контроле за 38 лет ведения опыта уменьшилось на 19,0 %. Внесение минеральных удобрений под зерновые культуры севооборота в дозах NPK от 60 до 150 кг д.в./га способствовало сохранению исходного содержания гумуса в почве. Содержание подвижных форм основных элементов питания в вариантах было неоднозначным. Количество легкоусвояемого растениями азота ($N-NO_3$) в слое 0-20 см было невысоким и имело прямую зависимость от дозы ранее вносимого удобрения.

Содержание подвижного фосфора по Кирсанову в контрольном варианте уменьшилось незначительно по сравнению с исходным уровнем - на 15 мг/кг, калия на 59 мг/кг. Почва в вариантах с внесением удобрений характеризуется высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора и калия в пахотном горизонте. Закономерных изменений по количеству обменного кальция и магния при внесении возрастающих доз полного минерального удобрения не установлено.

Целинная дерново-подзолистая почва под смешанным лесом характеризуется кислой реакцией среды, высоким содержанием гумуса. В почве под естественным злаково-разнотравным лугом слабокислая реакция среды, содержание гумуса 2,20%, высокое содержание фосфора. В составе почвенного поглощающего комплекса преобладают катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . Содержание нитратного азота в целинной почве соответствует варианту пахотной почвы без внесения удобрений и при использовании дозы NPK по 30 кг д.в./га.

Невысокий уровень биологической активности естественных дерново-подзолистых почв определяется кислой реакцией среды, выраженной дифференциацией почвенных горизонтов, относительной бедностью питательными элементами и органическим веществом, слабо выраженной структурой и наличием инертного подзолистого горизонта, а также промывным режимом [1, 6-7, 12].

Окультуривание дерново-подзолистых почв (севооборот, известкование, применение удобрений и др.) резко изменяет условия существования микроорганизмов. Почва обогащается необходимыми для микрофлоры минеральными элементами, органическими соединениями, азотом и, в определенной мере, теряет особенности своей биологии. Происходит изменение количественного и качественного состава микробоценоза: возрастает удельный вес бактерий, снижается численность плесневых грибов, появляются требовательные к условиям питания микроорганизмы, нитрифицирующие бактерии, усиливаются биохимические процессы, в частности, синтезирующие гумус [6].

В образцах почвы, отобранных после уборки клевера 2-го г.п., определено наличие различных групп микроорганизмов, в частности: содержание гетеротрофов, азотфиксаторов, нитратредукторов и метилотрофов. Данная группа бактерий была выбрана в качестве маркеров биологической активности почв в связи с их функциональными особенностями и доступностью определения.

Целинная дерново-подзолистая почва под лесом и злаково-разнотравным лугом характеризуется низким уровнем содержания микроорганизмов и слабой нитрифицирующей способностью (табл. 2). В почве под лесом количество азотфиксаторов и метилотрофов на два порядка ниже, чем в пахотной почве севооборота. Длительное окультуривание почвы приводило к увеличению количества азотфиксирующих бактерий до $5,2 \cdot 10^7$ в варианте $(NPK)_{60}$, нитрифицирующей способности почвы до 11,6 мг/кг при внесении NPK по 150 кг д.в./га. Т.В. Аристовская [2] отмечает, что влияние окультуривания на изменение микробоценоза в условиях подзолистой зоны проявляется значительно сильнее, чем в других зонах. С повышением окультуренности почвы увеличивается общая численность микроорганизмов и происходит дальнейшая перегруппировка ее состава [1, 12].

Следует отметить, что при внесении максимальной дозы NPK наблюдается явное уменьшение количества бактерий всех вышеуказанных групп. Скорее всего, это связано с кислой реакцией среды в варианте $(NPK)_{150}$, при которой условия для жизнедеятельности микроорганизмов неблагоприятные. Аналогичное мнение высказывают авторы работы [11].

2. Биологические показатели плодородия целинной и пахотной дерново-подзолистой почвы

Вариант опыта	Гетеро-трофы	Азотфиксаторы	Нитрат-редукторы	Метилотрофы	Нитрифицирующая способность, мг $N-NO_3$ / кг/14 сут	Разложение льняного полотна, %/мес
КОЭ/ г почвы						
<i>Целинная почва</i>						
Лес	$1,3 \times 10^6$	$2,4 \times 10^5$	$1,7 \times 10^6$	$2,2 \times 10^5$	0,18	16,4
Луг	$2,5 \times 10^6$	$2,6 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	1,21	21,7
<i>пашня</i>						
Без удобрений	$6,7 \times 10^6$	$1,6 \times 10^7$	$5,2 \times 10^6$	$4,8 \times 10^6$	1,61	15,5
$(NPK)_{30}$	$6,4 \times 10^6$	$2,1 \times 10^7$	$8,9 \times 10^6$	$2,6 \times 10^7$	2,50	14,0
$(NPK)_{60}$	$5,4 \times 10^6$	$5,2 \times 10^7$	$2,3 \times 10^7$	$3,5 \times 10^7$	2,75	24,3
$(NPK)_{90}$	$4,9 \times 10^6$	$5,0 \times 10^7$	$3,9 \times 10^7$	$3,5 \times 10^7$	3,08	15,1
$(NPK)_{120}$	$5,1 \times 10^6$	$3,5 \times 10^7$	$5,8 \times 10^7$	$5,6 \times 10^7$	3,09	17,2
$(NPK)_{150}$	$3,4 \times 10^6$	$3,9 \times 10^6$	$4,8 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	11,6	18,0
HCP_{05}					0,4	4,1

Считается, что урожай и плодородие почвы более связаны не с наличием питательных веществ, а с интенсивностью их круговорота, осуществляемого микрофлорой [7]. В связи с этим отмечается, что наиболее «индикаторными» процессами являются: выделение почвой CO_2 , активность разложения клетчатки, фер-

ментативная активность (протеаза, уреазы, дегидрогеназа, полифенолоксидаза, пероксидаза), аммонификация, нитрификация, несимбиотическая азотфиксация, синтез свободных аминокислот [2].

К показателям мобилизации биохимических процессов, происходящих в почве, можно отнести степень

разложения льняной ткани, которая косвенно характеризует обеспеченность почвы азотом. Известно, что клетчатка может разрушаться как бактериями, так и грибами. По данным Т.В. Аристовской [2], в кислых дерново-подзолистых почвах грибы преобладают над бактериями. В 2015 г. сложились неблагоприятные гидротермические условия для деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Максимальное разложение льняного полотна под клевером 2-го г.п. наблюдается в варианте (NPK)₆₀. По шкале Д.Г. Звягинцева [7] интенсивность разрушения клетчатки слабая.

Нитрифицирующая способность почвы, независимо от вариантов опыта, в соответствии со шкалой Кравкова, изменялась от очень низкой до средней. Процессы высвобождения аммиачного азота, прочно связанного с минеральной частью почвы, и трансформации аммиачного азота в нитратный протекают наиболее интенсивно в прогретой и увлажненной почве. Период отбора образцов (конец августа 2015 г.) характеризовался обильными дождями и низкой температурой воздуха.

В длительном опыте определена корреляционная связь некоторых показателей плодородия почвы (pH_{KCl} , содержание гумуса) с биологическими свойствами почвы. Коэффициенты корреляции составили: между pH_{KCl} и количеством микроорганизмов различных групп 0,4-0,5, нитрифицирующей способностью - 0,9. Между кислотностью среды и степенью разложения клетчатки корреляционная зависимость не наблюдалась. Очень высокая корреляционная связь установлена между содержанием гумуса и бактерий-гетеротрофов ($r=-0,9$), средняя - между содержанием гумуса и нитратредукторов (-0,5), а также нитрифицирующей способностью (0,6). Связь между содержанием гумуса и количеством азотфиксирующих бактерий в почве не отмечена. Аналогичные результаты получены в исследованиях [3, 10].

Заключение. Длительное применение минеральных удобрений в полевом стационарном опыте в дозах NPK по 60-90 кг д.в./га является эффективным приемом стабилизации уровня органического вещества и оптимизации азотного, фосфорного и калийного питания растений. Более высокие дозы минеральных удобрений приводят к подкислению почвенного раствора, зафосфачиванию почвы. Целинная дерново-подзолистая почва под смешанным лесом характеризуется кислой реакцией среды (pH_{KCl} 4,1), высоким содержанием гумуса (3,95%). В почве под естественным злаково-разнотравным лугом слабокислая реакция среды (pH_{KCl} 5,4), содержание гумуса 2,22%, высокое содержание фосфора - 335 мг/кг.

По комплексу определяемых показателей, биологическая активность пахотной дерново-подзолистой почвы длительного опыта выше целинной под смешанным лесом и злаково-разнотравным лугом. Внесение NPK в

дозе 150 кг/га приводит к сильному подкислению почвы и уменьшению количества бактериальной микрофлоры. Кислая реакция среды подавляет биохимические процессы в почве под смешанным лесом и злаково-разнотравным лугом. Выявлена корреляционная связь средней силы между pH_{KCl} , содержанием гумуса, количеством микроорганизмов и нитрифицирующей способностью почвы.

Литература

1. Аристовская Т.В. Микробиология подзолистых почв. – М.: Наука, 1965. – 186 с.
2. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.
3. Владычевский А.С., Телеснина В.М., Румянцев К.А., Чалая Т.А. Органическое вещество и биологическая активность постагrogenных почв южной тайги (на примере Костромской области) // Почвоведение. – 2013. – №5. – С. 570-582.
4. Дзюин Г.П., Дзюин А.Г., Белоусова Л.А., Ложкина С.В. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2006. – №8. – С. 75-79.
5. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник Российской академии наук. – 2006. – Т. 76. – № 1. – С. 14-29.
6. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 256 с.
7. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почвы и шкала для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.
8. Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М., Лысак Л.В., Марфенина О.Е. Роль микроорганизмов в биогеоценотических функциях почв // Почвоведение. – 1992. – № 6. – С. 63-77.
9. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манурова Н.А. Практикум по биологии почв: учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 120 с.
10. Карягина Л.А. Микробиологические основы повышения плодородия почв. – Минск: Наука и техника, 1983. – 181 с.
11. Лапа В.В., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М. Влияние длительного применения удобрений на групповой и фракционный состав гумуса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Почвоведение. – 2011. – №1. – С. 111-116.
12. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Наука, 1972. – 343 с.
13. Поддымкина Л.М. Влияние длительного применения средств химизации на микробиологическую активность дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА. – Вып. 2. – 2008. – С. 5-17.
14. Титова В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: научно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородская с.-х. академия, 2012. – 64 с.
15. Умаров М.М. Роль микроорганизмов в круговороте химических элементов в наземных экосистемах. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М.: Наука, 2003. – С. 125-139.

AGROBIOLOGICAL PROPERTIES OF VIRGIN AND ARABLE SOD-PODZOLIC SOIL

N.E. Zavyalova, D.G. Shishkov, Ya.V. Enina

Perm Research Institute of Agriculture of the Perm Federal Research Center, Cultury ul. 12, 614532 Lobanovo, Russia, email: nezavyalova@gmail.com

A comparison of the agrobiological indicators of virgin sod-podzolic soil under a grass-forb meadow, mixed forest and various options of a long stationary experiment. A decrease in the level of humus in the field experiment in the variant without fertilizers by 19% relative to the initial level and its preservation during long-term application of NPK of 60–150 kg a.m./ha have been established.

The application of NPK in a dose of 150 kg/ha resulted in acidification of the soil with pH KCl 5.6 with the introduction of experience to pH KCl 4.5, a decrease in the number of bacterial microflora in 2-4 times as compared with the variant without fertilizers. The acidic reaction of the environment suppresses the biochemical processes in the soil under the mixed forest was also studied. A very high correlation is established between the content of humus and heterotrophic bacteria ($r = -0,9$), the average between the content of humus and nitrate-reducing bacteria ($r = -0,5$) and the soil nitrifying capacity ($r = 0,6$).

Keywords: sod-podzolic soil, long-term stationary experience, microorganisms, nitrifying and cellulose-decomposing activity.