

Агрoхимия. Почвоведение

УДК 631.452:631.8:631.559

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-29-32

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРЕДУРАЛЬЯ*****В.Р. Ямалтдинова¹**, кандидат сельскохозяйственных наук,
Н.Е. Завьялова¹, доктор биологических наук, **Д.С. Фомин^{1,2}**, кандидат сельскохозяйственных наук,
М.Т. Васбиева¹, кандидат биологических наук¹Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
614532, Пермский край, с. Лобаново, ул. Культуры, 12²Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990, Пермский край, Пермь, ул. Петропавловская, 23
E-mail: nezavyalova@gmail.com

Изучено влияние длительного применения различных систем удобрений (органической, минеральной, органо-минеральной) на агрохимические показатели дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы и продуктивность культур 8-польного парозернопропашного севооборота. Системы удобрений с их высоким насыщением (навоз 20 т/га в год, NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу) обеспечили достоверное увеличение содержания гумуса в почве с 1,97 до 2,23-2,50%, подвижного фосфора – на 120-145 мг/кг, обменного калия – на 105-163, общего азота – на 200-360, минерального – на 1,3-2,3 и легкогидролизуемого – на 53-65 мг/кг. Применение навоза крупного рогатого скота способствовало снижению гидролитической кислотности с 2,3 до 1,5-1,8, увеличению суммы обменных оснований с 18,2 до 20,8-21,9 ммоль/100 г почвы. При внесении NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год гидролитическая кислотность возросла на 1,0, сумма обменных оснований снизилась на 1,1 ммоль/100 г. Максимальная продуктивность пашни – 3,8 тыс. корм. ед./га получена при использовании систем удобрений – NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год и навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу.

**INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS
ON FERTILITY INDICATORS OF SOD-PODZOLIC
HEAVY LOAMY SOIL OF PRE-URALS****Yamaltdinova V.R.¹, Zav'yalova N.E.¹, Fomin D.S.^{1,2}, Vasbieva M.T.¹**¹Perm Federal Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
614532, Permskij kraj, Lobanovo, ul. Kultury, 12²Perm State Agrarian-Technological University named after D.N. Pryanishnikov,
614990, Permskij kraj, Perm, ul. Petropavlovskaya, 23
E-mail: nezavyalova@gmail.com

The effect of long-term usage of various fertilizer systems (organic, mineral, organo-mineral) on the agrochemical indicators of sod-podzolic heavy loamy soil and the productivity of crops of eight-field crop rotation has been studied. Fertilizer systems with high saturation (manure 20 t / ha per year, NPK equivalent to manure 20 t / ha per year, manure 10 t / ha per year + NPK equivalent to manure) provided a significant increase in humus soil from 1.97 to 2.23 -2.50%, mobile phosphorus (by 120-145), exchangeable potassium (by 105-163), total nitrogen (by 200-360), mineral (by 1.3-2.3) and hydrolysable (by 53- 65 mg / kg). The usage of cattle manure contributed to a decrease in hydrolytic acidity from 2.3 to 1.5-1.8, an increase in the amount of exchange bases from 18.2 to 20.8-21.9 mmol / 100 g of soil. When NPK is applied, manure is equivalent to 20 t / ha per year, the hydrolytic acidity increased by 1.0, the amount of exchange bases decreased by 1.1 mmol / 100 g. The maximum productivity of arable land is 3.8 thousand fodder units obtained using fertilizer systems - NPK is equivalent to manure 20 t / ha per year and manure 10 t / ha per year + NPK is equivalent to manure.

Ключевые слова: системы удобрений, плодородие почвы, формы азота, урожайность сельскохозяйственных культур, дерново-подзолистая почва

Key words: fertilizer systems, soil fertility, nitrogen forms, crop yields, sod-podzolic soil

Преобладающую часть пахотных земель Пермского края занимают дерново-подзолистые почвы, характеризующиеся низким естественным плодородием. По данным центра агрохимической службы, в 2018 г. 78,6% пахотных земель в Пермском крае составляли кислые почвы, 34,1; 14 и 84% – с низким содержанием соответственно подвижного фосфора, обменного калия и органического вещества. Один из важных факторов улучшения показателей почвенного плодородия и получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур на этих почвах – научно обоснованное

применение удобрений [1-3]. Удобрения улучшают минеральное питание растений и создают благоприятные условия для формирования урожая. Однако при этом дискуссионным остается вопрос сравнительной эффективности органической, органо-минеральной и минеральной систем удобрения в зависимости от величины NPK. Длительные опыты позволяют изучить закономерности действия удобрений на агрохимические показатели почвы и урожайность полевых культур [4].

Цель исследований – выявить влияние длительного применения систем удобрений (минеральной, органи-

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-45-590166 п_а.

Табл. 1. Агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы, 2018 г.

Вариант	Гумус, %	pH _{KCl}	S	Hг	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			ммоль/100 г			мг/кг	
1. Без удобрений (контроль)	1,97	4,9	18,2	2,3	89	125	174
2. Навоз 10 т/га в год	2,24	5,3	20,8	1,8	92	180	212
3. Навоз 20 т/га в год	2,50	5,6	21,9	1,5	94	245	286
4. НРК эквивалентно 10 т/га в год навоза	2,17	4,6	17,8	2,9	86	235	203
5. НРК эквивалентно 20 т/га в год навоза	2,23	4,6	17,1	3,2	84	261	279
6. Навоз 5 т/га в год + НРК эквивалентно навозу	2,30	4,9	17,9	2,6	87	240	250
7. Навоз 10 т/га в год + НРК эквивалентно навозу	2,46	4,9	18,8	2,3	89	270	337
НСР ₀₅	0,14	0,3	1,0	0,3	2	81	42

Табл. 2. Азотный режим дерново-подзолистой почвы, 2016-2017 гг.

Вариант	N _{общ}	N _{мин}		N _{лг}		N _{тг}		N _{нг}	
		мг/кг	% от N _{общ}	мг/кг	% от N _{общ}	мг/кг	% от N _{общ}	мг/кг	% от N _{общ}
1	1219,8	8,3	1	160,3	13	412,3	34	638,9	52
2	1371,0	8,5	1	195,7	14	490,7	36	676,2	49
3	1420,0	10,6	1	212,8	15	502,6	35	694,0	49
4	1252,0	9,6	1	189,2	15	423,9	34	629,4	50
5	1422,0	10,1	1	217,2	15	515,9	36	678,9	48
6	1279,8	9,4	1	210,0	16	418,6	33	641,7	50
7	1579,8	9,6	1	225,1	14	528,5	33	816,6	52
НСР ₀₅	170,0	1,2	-	38,3	--	53,0	-	Fф<Fт	-

ческой и органо-минеральной) в полевом севообороте на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур.

Методика. Экспериментальная работа выполнена в 2010-2018 гг. на базе длительного полевого опыта Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, заложенного в 1969 г. Опытный участок расположен на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве с содержанием гумуса 2,16 – 2,22 %, pH_{сол.} 5,2-5,4, P₂O₅ – 125-165 мг/кг и K₂O – 170-173 мг/кг. Изучали следующие системы удобрений: органическую (насыщенность 1 га пашни навозом 10, 20 т/га в год); минеральную, в которой дозы удобрений рассчитаны по эквивалентному содержанию питательных веществ в навозе; органо-ми-

неральную, где с насыщенностью навозом 5, 10 т/га в год внесены минеральные удобрения эквивалентно содержанию питательных веществ в навозе. Повторность вариантов – 4-кратная, размещение рендомизированное. Опыт заложен в двух последовательных во времени закладках. Исследования проводили в полевом парозернопропашном севообороте с чередованием культур: пар чистый – озимая рожь – яровая пшеница с подсевом клевера – клевер 1 года пользования (г.п.) – клевер 2 г.п. – ячмень – картофель – овес.

Навоз вносили в севообороте в два приема: под рожь и картофель (разовые дозы составили 20, 40, 80 т/га). Минеральные удобрения, рассчитанные по эквивалентному содержанию в навозе, распределяли в зависимости от количества, под озимую рожь, пшеницу, ячмень, картофель, овес. На клевере изучали последствие удобрений. Химические анализы почвы выполнены общепринятыми методами [5].

Результаты и обсуждение. Длительное применение удобрений привело к существенным изменениям агрохимических показателей почвы (табл. 1), что подтверждается результатами исследований [6-9]. Все изучаемые системы удобрений способствовали повышению содержания гумуса в почве относительно контрольного варианта. Наиболее значительный рост обеспечили органическая система удобрения с насыщением пашни навозом 20 т/га в год (на 27%) и органо-минеральные системы удобрений (на 17-25 %), что отмечено и другими учеными [10, 11].

Если в органической системе содержание гумуса увеличилось за счет гумификации навоза, то при внесении минеральных удобрений, вероятно, за счет повышения массы пожнивно-корневых остатков и использования минерального азота для формирования урожая, что способствовало снижению минерализа-

Табл. 3. Урожайность культур и продуктивность пашни, 2010-2017 гг.

Вариант	Урожайность культур, т/га						Сбор корм.ед./га в год
	озимая рожь	яровая пшеница	клевер (1+2 г.п.)	ячмень	карто- фель	овес	
1	3,30	2,46	6,22	3,59	14,15	2,94	3044
2	3,75	2,78	6,21	3,81	17,97	3,18	3340
3	4,15	2,99	6,76	3,80	18,78	3,36	3544
4	4,00	3,40	6,38	3,83	25,32	3,36	3699
5	4,22	3,42	6,70	4,06	26,73	3,60	3841
6	4,12	3,22	7,37	3,85	24,82	3,30	3734
7	4,22	3,47	6,80	3,67	26,54	3,61	3848
НСП ₀₅	0,45	0,27	0,65	0,40	3,80	0,24	240

ции почвенного азота. Положительную роль в сохранении и накоплении гумуса играло наличие в севообороте двух полей клевера.

Системы удобрения влияли на кислотно-основное состояние почвы. Органические системы удобрений привели к снижению ее кислотности. Так, показатель реакции почвенной среды увеличился на 0,4-0,7 ед., гидролитическая кислотность снизилась на 0,5-0,8 ммоль/100 г (по отношению к контролю), похожие данные получены авторами работ [12, 13]. В этих вариантах наблюдали увеличение суммы обменных оснований на 2,6-3,7 ммоль/100 г, в результате степень насыщенности основаниями возросла с 89 до 92-94%. Применение минеральных систем удобрений обеспечило повышение гидролитической кислотности и снижение суммы обменных оснований. Максимальные достоверные изменения отмечены в варианте NPK эквивалентно навозу 20 т/га. Гидролитическая кислотность увеличилась на 1,0, сумма обменных оснований снизилась на 1,1 ммоль/100 г. Неоднозначное влияние на кислотно-основные свойства почвы оказало применение органо-минеральных систем удобрений. В варианте навоз 5 т/га в год + NPK эквивалентно навозу повысилась гидролитическая кислотность и снизилась сумма обменных оснований. Степень насыщенности основаниями уменьшилась до 87%. В варианте навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу существенных изменений в изучаемых показателях не наблюдали.

Все системы удобрений способствовали в той или иной степени повышению содержания подвижных форм фосфора и калия в почве. Например, отмечена тенденция увеличения их содержания при насыщенности севооборота 10 т/га в год навоза на 55 и 38 мг/кг. Высокие дозы удобрений обеспечили достоверное повышение содержания подвижных форм фосфора и калия в почве соответственно на 110-145 и 76-163 мг/кг.

Один из основных факторов, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах – уровень азотного питания [14-16]. Непосредственным источником питания растений служит минеральный азот. Минеральные формы азота в почве представлены незначительно и составили всего 1% от количества общего азота (табл. 2). Максимальное достоверное увеличение содержания общего и минерального азота в почве отмечено в вариантах с

высоким насыщением удобрений (навоз 20 т/га в год, NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу). Количество общего азота возросло на 200-360 мг/кг, минерального – на 1,3-2,3 мг/кг.

Резервом питания растений является фракция легкогидролизуемого азота в почве, содержание которой достоверно увеличилось на 33-40% в варианте с дозой навоза 20 т/га в год, внесением минеральных удобрений эквивалентно дозе навоза 20 т/га, совместном применении органических и минеральных удобрений. В содержании легкогидролизуемого азота по вариантам отмечена такая же закономерность, как и в содержании общего и минерального азота – с увеличением количества удобрений повышается содержание этих форм азота. Увеличение содержания легкогидролизуемого азота свидетельствует о тенденции улучшения азотного режима почвы.

Фракция трудногидролизуемого азота – наиболее стойкая в процессе минерализации и слабее вовлекается в круговорот. Достоверное увеличение азота этой фракции наблюдали в вариантах с органической системой удобрений, при внесении высоких доз минеральных удобрений (NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год) и в варианте навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу на 19-28 %.

Фракция негидролизуемого азота, представленная более стойкими к гидролизу и микробиологическому разложению органическими азотсодержащими соединениями, составляет большую часть валовых запасов азота (48-52% от общего азота). Применение удобрений существенно не влияло на содержание этой фракции азотистых соединений.

Все изучаемые системы удобрения оказали значительное воздействие на продуктивность полевых культур севооборота (табл. 3). Применение удобрений приводило к увеличению среднегодовой продуктивности пашни на 296-804 корм. ед./га (на 10-26 %). Минеральные и органо-минеральные системы удобрений, выровненные по содержанию NPK, обеспечили практически одинаковую продуктивность. Максимальный сбор кормовых единиц получен в вариантах с высоким насыщением удобрений (NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу).

Все системы удобрений достоверно повысили урожайность озимой ржи (на 0,45-0,92), яровой пшеницы (0,32-1,01), картофеля (на 3,82-12,39) и овса (на 0,24-0,67 т/га). Минеральная и органо-минеральная системы удобрений обеспечили урожайность картофеля почти в 1,5 раза выше, чем органические удобрения. Максимальный прирост сена клевера в сумме за 1 и 2 г.п. (1,15 т/га) получен при насыщении пашни навозом 5 т/га в год и внесении эквивалентного количества минеральных удобрений. На ячмене достоверная прибавка выявлена в варианте с внесением NPK в дозе, эквивалентной 20 т/га в год навоза.

Таким образом, системы удобрений с их высоким насыщением питательными веществами (навоз 20 т/га в год, NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу) способствовали достоверному увеличению в почве гумуса, общего, минерального и легкогидролизуемого азота, подвижного

фосфора и калия. Органические системы удобрений улучшили показатели почвенно-поглощающего комплекса почвы. Минеральные удобрения повысили гидролитическую кислотность и снизили сумму обменных оснований. Все системы удобрения увеличили продуктивность культур 8-польного севооборота на 10-26%. Максимальный сбор кормовых единиц получен при высоком насыщении пашни удобрениями (NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу).

Литература

1. Кайгородов А.Т. 50 лет агрохимической службе Пермского края. – Пермь, 2014. – 52 с.
2. Попова С.И., Кирякова Е.М. Пути сохранения плодородия дерново-подзолистых почв, эффективности удобрений и продуктивности земель сельскохозяйственного назначения Пермского края / Сохранение плодородия земель сельскохозяйственного назначения как национального достояния Пермского края: сборник научных статей и передовой опыт сельскохозяйственных предприятий. – Пермь: «ОТ и ДО», 2008. – С. 9-18.
3. Фомин Д.С., Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Тетерлев И.С. Динамика содержания гумуса в дерново-подзолистой почве при различной землепользовании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №1 (69). – С. 16-18.
4. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Воробьев В.А., Цыганова Н.А. Агроэкологические последствия длительного применения дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. – 2016. – №4 – С.10-17.
5. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
6. Кукишева А.А., Наплекова Н.Н. Изменение микробоценоза дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №4. – С. 14-16.
7. Налиулин А.Н., Белозеров Д.А., Ерегин А.В. Изменение агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения // Земледелие. – 2018. – № 8. – С. 3–7.
8. Новосёлов С.И. Влияние агроэкологических условий на аммонифицирующую и нитрифицирующую способность почвы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2015. – №4. – С. 42-46.
9. Платонов И.Г., Сафонов А.Ф., Сумо В.Х. Воспроизводство агрохимических показателей плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивность агроценозов после 70-летнего применения неполного удобрения // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №4. – С.8-11.
10. Корчагин А.А., Мазиров М.А. Влияние систем удобрений на динамику содержания, групповой состав гумуса серых лесных почв и продуктивность севооборотов // Вестник АГАУ. – 2014. – №5 115. – С. 32-39.
11. Лапа В.В., Босак В.Н., Пироговская Г.В. Влияние органо-минеральной системы удобрения на продуктивность севооборотов и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 40-44.
12. Бельченко С.А. Влияние систем удобрения на химические свойства дерново-подзолистой песчаной почвы // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №1. – С. 22-24.
13. Козлова Л.М., Макарова Т.С., Попов Ф.А., Денисова А.В. Севооборот как биологический прием сохранения почвенного плодородия и повышения продуктивности пашни // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №1. – С. 16-18.
14. Кидин В.В., Ахметова А.Б. Трансформация аммонийного и нитратного азота в разных горизонтах дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА. – 2011. – №3. – С. 7-16.
15. Пискунов А.С. Азот почвы и эффективность азотных удобрений на зерновых культурах в Предуралье. – Пермь: ПСХИ, 1994. – 135 с.
16. Якименко В.Н. Изменение содержания форм минерального азота и калия в профиле почвы агроценозов // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2009. – №328. – С. 202-207.

Поступила в редакцию 10.03.19
После доработки 30.03.19
Принята к публикации 30.04.19