

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ И НЕКОТОРЫХ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГУМУСИРОВАННОСТИ

И. Ю. ГРИЩЕНКО, В. Б. ВОРОБЬЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Беларусь, 213407, e-mail: twins50@mail.ru, ira.grischenko2011@yandex.ru

(Поступила в редакцию 02.04.2018)

В статье приводятся данные о количественных изменениях показателей, характеризующих агрономические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, происходящих при увеличении ее гумусированности. На основании корреляционно-регрессионного анализа результатов трех лет исследований, проведенных методом микроплощадок в посевах ячменя разработаны трендовые модели, характеризующие закономерности изменения водно-физических и некоторых агрохимических свойств почвы в зависимости от ее гумусированности. Установлено, что при увеличении содержания гумуса с 1,1 до 2,6 % плотность сложения дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в период уборки зерновых культур уменьшается с 1,35 до 1,18 г/см³, а общая пористость почвы возрастает с 43,84 до 50,06 %. По мере увеличения гумусированности почвы возрастает ее полевая влажность, общий и полезный запасы влаги, объем пор занятых водой. Пористость аэрации при этом практически не изменяется. При содержании гумуса около 1,1 % емкость катионного обмена дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в среднем равна 14,46 мэк/100 г. Увеличение содержания гумуса на каждые 0,1 % сопровождается увеличением емкости катионного обмена почвы в среднем на 0,85 мэк/100 г. При этом возрастает гидролитическая кислотность почвы и сумма обменных оснований, снижается степень насыщенности почвы основаниями и реакционная способность гумуса.

Ключевые слова: гумус, плотность сложения, пористость, объем пор занятых водой, пористость аэрации, максимальная гигроскопическая влажность, влажность завядания, запас влаги, гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, степень насыщенности почвы основаниями.

The article presents data on quantitative changes in indicators characterizing the agronomic properties of sward-podzolic light loamy soil, occurring with an increase in its humus content. Based on the correlation-regression analysis of results of three years of research conducted by the method of micro-plots in barley crops, trend models have been developed characterizing the patterns of changes in water-physical and some agrochemical properties of the soil, depending on its humus content. It has been established that when the humus content is increased from 1.1 to 2.6%, the density of sward-podzolic light loamy soil during the cereals harvest period decreases from 1.35 to 1.18 g / cm³, and the total soil porosity increases from 43.84 to 50.06%. As the humus content of the soil increases, its field humidity also increases, as well as the total and useful moisture reserves, and the volume of pores occupied by water. The porosity of aeration remains practically unchanged. With a humus content of about 1.1%, the cation exchange capacity of sward-podzolic light loamy soil averages 14.46 meq / 100 g. The increase in humus content for every 0.1% is accompanied by an increase in the cation exchange capacity of the soil by an average of 0.85 meq / 100 g. At the same time, the hydrolytic acidity of the soil and the amount of exchange bases increase, the degree of soil saturation with bases and the reactivity of humus decrease.

Key words: humus, density of structure, porosity, volume of pores occupied by water, aeration porosity, maximum hygroscopic humidity, wilting moisture, moisture reserve, hydrolytic acidity, the sum of exchange bases, the degree of soil saturation with bases.

Введение

Сохранение и поддержание плодородия почвы невозможно без глубоких знаний об особенностях формирования ее свойств. Это особенно важно в условиях интенсивного земледелия, требующего оптимизации не только применения удобрений и средств защиты растений, но и всего комплекса ее агрономических показателей, которые в процессе сельскохозяйственного использования претерпевают существенные изменения. Именно поэтому в нашей Республике разработаны модели почвенного плодородия, для которых определены оптимальные параметры содержания в почве гумуса, подвижных соединений фосфора и калия, реакции почвенной среды, почвенного поглощающего комплекса, водно-воздушных и технологических свойств. Предложены мероприятия для достижения этих параметров. Вместе с тем, практически все свойства почвы более или менее зависят от ее гумусового состояния. К сожалению, несмотря на большое число работ, посвященных изучению роли гумуса в формировании агрономических показателей почвы, данных о том, в какой степени изменяются ее те или иные свойства при увеличении содержания в почве гумуса мало. Особенно для дерново-подзолистых почв Республики Беларусь. Именно поэтому одна из задач наших исследований заключалась в определении количественных изменений показателей, характеризующих агрономические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при увеличении содержания в ней гумуса.

Основная часть

Исследования проводились методом микроплощадок [5]. Для этого в учебно-опытном хозяйстве УО БГСХА были подобраны 2 поля, расположенные на почве одного генезиса, имеющие одинаковую историю, отличающиеся выровненным рельефом и автоморфным типом увлажнения.

Ежегодно на одном из подобранных полей выделялся массив опытного участка длиной около 1 км и шириной 60 метров. На этом участке в посевах ячменя сорта Гонар, возделываемого на фоне $N_{80}P_{60}K_{120}$ (внесенных в основную заправку) с помощью технологической колеи в фазу конец кущения – начало выхода в трубку были внесены в подкормку следующие дозы азотного удобрения: N_{20} , N_{40} и N_{60} . Предшественником ячменя был яровой рапс. Выделенный массив захватывал несколько элементарных почвенных участков с содержанием гумуса от 1 до 3 %. Норма высева ячменя – 4,5 млн. всхожих семян на 1 га. Ежегодно на всех создаваемых вариантах азотного питания выделялось около 40 учетных площадок размером 0,25 м². С этих площадок учитывались урожайность ячменя и отбирались образцы почвы для анализа на показатели, характеризующие гумусовое состояние, водно-физические свойства почвы и свойства ППК. Почва опытных участков дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессах. Данные, характеризующие гранулометрический состав пахотных горизонтов почвы опытных участков, представлены в табл. 1.

С учетом содержания физической глины и преобладающих фракций гранулометрических элементов почву в обоих случаях можно отнести к легкому песчано-крупнопылеватому суглинку.

Таблица 1. Гранулометрический состав почвы опытных участков

№ поля	Содержание фракций, %					
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
1	0,4	25,6	49,7	10,3	8,1	5,9
2	0,2	35,6	44,1	2,4	5,7	12,0

Результаты трех лет исследований были подвергнуты корреляционному анализу. На основании рассчитанных уравнений регрессии разработаны трендовые модели изменения водно-физических и некоторых агрохимических свойств почвы в зависимости от содержания в ней гумуса. Одним из важных, хотя и не основных показателей, характеризующих физическое состояние почвы, является плотность ее сложения. Она во многом зависит от гранулометрического состава и структуры почвы, ее генетического горизонта и может находиться в пределах от 1 и менее до 1,8 г/см³. Минимальные значения данного показателя соответствуют горизонтам с высоким содержанием органического вещества, максимальные – сильно уплотненным иллювиальным горизонтам. Исследования показали, что в период уборки ячменя плотность сложения пахотного горизонта дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, развитой на лессовидном суглинке с содержанием гумуса от 1,00 до 2,60 % находилась в пределах от 1,35 до 1,18 г/см³. Взаимосвязь между содержанием в почве гумуса и значением данного показателя была сильной и отрицательной. Она характеризовалась коэффициентом корреляции – 0,75 и подчинялась уравнению регрессии $Y=1,47-0,112X$ (табл. 2).

Таблица 2. Трендовые модели изменения водных и физических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от содержания в ней гумуса

Свойства почвы (Y)	r	Уравнения регрессии	Содержание гумуса, % (X)								
			1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Плотность сложения (d_v), г/см ³	-0,75	$Y=1,47-0,112X$	1,35	1,34	1,31	1,29	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18
Пористость общая, %	0,63	$Y=39,27+4,15X$	43,84	44,25	45,08	45,91	46,74	47,57	48,40	49,23	50,06
Максимальная гигроскопическая влажность, %	0,78	$Y=1,46+0,55X$	2,07	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67	2,78	2,89
Влажность завядания, %	0,77	$Y=2,22+0,81X$	3,11	3,19	3,35	3,52	3,68	3,84	4,00	4,16	4,33
Полевая влажность (W), %	0,48	$Y=4,54+4,53X$	9,52	9,98	10,88	11,79	12,69	13,60	14,51	15,41	16,32
Общий запас влаги в слое 0–20 см, мм	0,77	$Y=10,7+4,57X$	15,73	16,18	17,10	18,01	18,93	19,84	20,75	21,67	22,58
Полезный запас влаги в слое 0–20 см, мм	0,75	$Y=5,01+4,43X$	9,88	10,33	11,21	12,10	12,98	13,87	14,76	15,64	16,53
Объем пор, занятых водой ($P_w=d_v \times W$), %	–	–	12,9	13,4	14,3	15,2	16,1	17,0	17,7	18,5	19,3
Пористость аэрации ($Pa_{эр.} = P_{общ.} - P_w$), %	–	–	31,0	30,9	30,8	30,7	30,6	30,6	30,7	30,7	30,7

В среднем увеличение содержания в почве гумуса на 1 % сопровождалось уменьшением плотности сложения почвы на 0,12 г/см³. При этом согласно оценки плотности сложения, предложенной для суглинистых и глинистых почв Н.А. Качинским [5], почву с содержанием гумуса менее 1,40 можно отнести к сильно уплотненной, а с содержанием гумуса от 1,40 до 2,40 % – к уплотненной. Объем любой почвы состоит из объема ее твердой фазы и объема пор. При этом суммарный объем всех почвенных пор называется общей пористостью или скважностью. Рассчитывается она по уравнению: $P_{общ} = (1 - d_v/d) \times 100 \%$, где d_v – плотность сложения почвы; d – плотность твердой фазы. В нашем случае она изменялась от 43,8 до 50,06 % от объема почвы и была максимальной на делянках с содержанием гумуса 2,40 %. Взаимосвязь данного показателя с содержанием в почве гумуса была средней ($r = 0,63$). При этом в интервале гумусированности почвы от 1,10 до 2,20 % общая пористость изучаемой почвы оказалась для пахотного горизонта неудовлетворительной [5].

Корреляционная связь содержания в почве гумуса с максимальной гигроскопической влажностью, а соответственно и с влажностью устойчивого завядания растений была сильной ($r = 0,78-0,77$). Исследования показали, что чем выше гумусированность почвы, тем выше влажность завядания. Так, если при содержании в почве гумуса 1,1 % значение данного показателя составляло в среднем 3,11 %, то при гумусированности почвы 2,6 % оно увеличилось почти в 1,4 раза, и было равно в среднем 4,33 %. На первый взгляд можно предположить, что в условиях засухи растения на почвах с более высоким содержанием гумуса будут в первую очередь страдать от недостатка влаги. На самом деле этого не происходит. Объясняется это тем, что почвы с более высокой гумусированностью при прочих равных условиях имеют большую полевую влажность, а соответственно и большие запасы влаги, в том числе и доступной для растений. Так, например, в наших исследованиях полевая влажность почвы с содержанием гумуса около 1,1 % в среднем была равна 9,52 %, а при гумусированности почвы 2,6 % она оказалась более, чем в 1,7 раза больше. Одновременно полезный запас влаги в 0–20 см слое почвы увеличился с 9,88 до 16,53 мм.

При этом следует отметить, что, не смотря на увеличение объема пор, занятых водой, пористость аэрации почвы практически не изменяется. В наших исследованиях она находилась в пределах от 31,0 до 30,7 %, в то время как объем пор, занятых водой по мере увеличения гумусированности почвы вырос почти в полтора раза (с 12,9 % при минимальной гумусированности почвы до 19,3 % в почве с содержанием гумуса около 2,6 %). Тот факт, что пористость аэрации по мере увеличения гумусированности почвы остается почти на одном уровне находит объяснение в исключительной роли гумуса в формировании почвенной структуры [6, 2, 3, 7].

Разумеется, что полевая влажность почвы является очень динамичным показателем. В зависимости от погодных условий она сильно меняется в течение вегетационного периода, соответственно изменяются и все показатели, зависящие от нее. Тем не менее, можно отметить, что почвы с более высоким содержанием гумуса, по крайней мере, в интервале гумусированности от 1,1 до 2,6 %, имеют больший запас продуктивной влаги.

Свойства почвенного поглощающего комплекса также существенно зависят от содержания в почве гумуса (табл. 3).

Таблица 3. Трендовые модели изменения некоторых агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от содержания в ней гумуса

Свойства почвы	r	Уравнения регрессии	Содержание гумуса, % (X)								
			1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Гидролитическая кислотность (Нг), мэк/100 г.	0,86	$Y=1,56X-0,15$	1,57	1,72	2,03	2,35	2,66	2,97	3,28	3,59	3,91
Сумма обменных оснований (S), мэк/100 г.	0,96	$Y=5,27+6,93X$	12,89	13,59	14,97	16,36	17,74	19,13	20,52	21,9	23,3
Емкость катионного обмена (ЕКО = Нг+S), мэк/100 г.	–	–	14,46	15,31	17,01	18,7	20,4	22,1	23,8	25,5	27,2
Степень насыщенности основаниями ($V=S/ЕКО \times 100$), %	–	–	89,1	88,8	88,0	87,5	87,0	86,6	86,2	85,9	85,7

Реакционная способность гумуса (ЕКО/содержание гумуса)	–	–	13,1	12,8	12,2	11,7	11,3	11,1	10,8	10,6	10,5
--	---	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------

В наших исследованиях выявлены тесные корреляционные связи между гумусированностью почвы с одной стороны, гидролитической кислотностью и количеством обменных катионов в почве с другой. Они имели прямолинейный характер и характеризовались коэффициентами корреляции 0,86 и 0,96 соответственно. Анализ этих связей показывает, что при повышении гумусированности почвы емкость катионного обмена увеличивается в первую очередь за счет гидролитической кислотности и в меньшей степени за счет поглощенных оснований. Так, при увеличении содержания в почве гумуса с 1,1 до 2,6 % гидролитическая кислотность почвы увеличивается почти в 2,5 раза (с 1,57 до 3,91 мэк/100 г), в то время как сумма обменных оснований – в 1,8 раза (с 12,89 до 23,30 мэк/100 г). Это хорошо согласуется с данными Т. Н. Кулаковской [1], которая отмечала, что увеличение содержания в почве гумуса на 0,1 % вызывает увеличение количества поглощенных катионов кальция и магния на почвах связных по гранулометрическому составу на 0,10–0,18, а на легких – до 0,31–0,37 мэк/100 г почвы. При этом емкость поглощения катионов на суглинистых почвах возрастает на 0,6, на песчаных и супесчаных – на 0,3–0,4 мэк/100 г.

В нашем случае при увеличении гумусированности почвы на 0,1 % емкость ее катионного обмена возрастала в среднем на 0,85 мэк/100 г, а степень насыщенности почвы основаниями снижалась на 0,23 %. Снижалась при этом и реакционная способность гумуса.

Заключение

При увеличении содержания гумуса с 1,1 до 2,6 % плотность сложения дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в период уборки зерновых культур уменьшается с 1,35 до 1,18 г/см³, а общая пористость почвы возрастает с 43,84 до 50,06 %. По мере увеличения гумусированности почвы возрастает ее полевая влажность, общий и полезный запасы влаги, объем пор занятых водой. Пористость аэрации при этом практически не изменяется.

При содержании гумуса около 1,1 % емкость катионного обмена дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в среднем равна 14,46 мэк/100 г. Увеличение содержания гумуса на каждые 0,1 % сопровождается увеличением емкости катионного обмена почвы в среднем на 0,85 мэк/100 г. При этом возрастает гидролитическая кислотность почвы и сумма обменных оснований, снижается степень насыщенности почвы основаниями и реакционная способность гумуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 270 с.
2. Медведев, В. В. Изменение водно-физических свойств черноземов при внесении навоза / В. В. Медведев // Почвоведение. – 1980. – № 9. – С. 89–97.
3. Мельцаев, И. Г. Роль гумуса в повышении плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур / И. Г. Мельцаев // Агрохимические аспекты повышения продуктивности сельскохозяйственных культур: бюл. / Всерос. НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова. – 2002. – № 116. – С. 60–61.
4. Практикум по земледелию / И. П. Васильев, А. М. Туликов, Г. И. Баздырев [и др.] – М.: Колос, 2004 с. – 424 с.
5. Почвоведение с основами геологии: учеб. пособие для вузов / А. И. Горбылёва [и др.]; под общ. ред. А. И. Горбылёвой. – Минск: Новое знание, 2002. – 450 с.
6. Семененко, Н. Н. Азот в земледелии Беларуси / Н. Н. Семененко, Н. В. Невмержицкий. – Минск: Хата, 1997. – 196 с.
7. Сурков, А. И. Физико-механические свойства серых лесных суглинистых почв Горьковской области / А. И. Сурков // Изучение почвенных процессов и факторов плодородия при сельскохозяйственном использовании почв. – Горький, 1986. – С. 65–70.