

ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В ДЛИТЕЛЬНОМ АГРОНОМИЧЕСКОМ ОПЫТЕ

Фундаментальные физические свойства (гранулометрический состав, удельная поверхность, теплота смачивания и др.) значимо не изменились под влиянием почти 100-летнего применения извести, минеральных удобрений и навоза. Зависимость сопротивления расклиниванию от влажности в варианте с применением навоза указывает на более прочные межчастичные контакты в изученном диапазоне влажностей, а также более резкое увеличение межчастичных взаимодействий при уменьшении влажности в вариантах «Контроль» и «Известь» в сравнении с другими вариантами.

Ключевые слова: почва, физические свойства, минеральные удобрения, известь, органические удобрения.

Введение

Применение удобрений, в том числе и органических, сельскохозяйственной техники, агрохимикатов изменяет многие свойства почв, включая и довольно консервативные физические свойства, такие как агрегатный состав, удельная поверхность и некоторые другие [1-3]. Однако нередко изменения свойств твердой фазы почвы столь незначительны, что в большинстве случаев традиционными методами исследования изменения физических свойств не улавливаются [3]. Проблема в этом случае заключается в том, чтобы обосновать набор физических методов, которые бы позволили четко и однозначно судить о происходящих изменениях, наметить направления этих изменений, достоверно оценивать различия в изменениях в зависимости от варианта агрономического воздействия. В связи с этим, цель работы: изучить современными методами физические свойства дерново-подзолистых почв в длительном агрономическом опыте.

Задачами работы являлись: (1) изучить широкий набор разнообразных физических свойств дерново-подзолистой почвы; (2) провести анализ изменения физических свойств почв под влиянием применения удобрений, извести, навоза и (3) обосновать набор свойств и соответствующих методов их изучения для выявления изменений в физических свойствах почв под влиянием минеральных и органических удобрений, извести.

Объекты и методы

Исследования проводились на длительном полевом опыте Тимирязевской академии, заложенном профессором А.Г. Доярен-

ко в 1912 году [1]. Почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая. Земельный участок опыта площадью 1,5 га с уклоном в 1° на северо-запад расположен на южной окраине Клинско-Дмитровской возвышенности. На участке бессменных посевов каждое поле перпендикулярно длинной стороне разделено на 11 делянок площадью 100 м², на которых размещены варианты удобрения: контроль, N, P, K, NP, NK, PK, NPK, навоз, NPK+навоз, а с осени 1949 года регулярно, один раз в ротацию (6 лет) проводится известкование почвы. В опыте менялись дозы минеральных элементов питания и навоза, что систематизировано по 4 периодам (табл. 1).

Первая доза извести составила 4,57 т/га доломитизированного известняка. Последующие дозы рассчитывались на основе гидролитической кислотности почвы и составили (год – доза): 1954 – 4,5; 1960 – 1; 1966 – 2; 1973 – 3; 1978 – 2; 1984 – 3; 1990 – 2 и 1996 – 3 т/га [1].

Почвенные образцы отбирали в апреле 2008 г. по слоям 0-10, 10-20, 20-30 и 30-40 см с помощью цилиндра-бура в 3-кратной повторности на участке бессменных посевов ячменя. Исследовались варианты: контроль, известь, NPK, NPK+навоз.

Таблица 1. Внесения минеральных элементов питания и навоза по периодам [1]

Период	Годы	Навоз, т/га	кг д. в. на 1 га		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	1912-1938	18	7,5	15	22,5
2	1939-1954	20	75	60	90
3	1955-1972	10	50	75	60
4	1973 по н/в	20	100	150	120

Плотность была определена буровым методом буром Польского. Гранулометрический состав определялся в два этапа: на первом почву растирали и просеивали через сито с отверстиями диаметром 1 мм и 0,25 мм; тем самым определяли грубодисперсные фракции. Гранулометрический состав оставшейся после просеивания почвы (фракция <0,25 мм) был определен лазерно-дифракционным методом на приборе FRITSCHE Analysette 22 с предварительной обработкой ультразвуком в чистой воде. Таким образом получали процентное содержание грубодисперсных фракций (>0,25 мм) и гранулометрический состав мелкодисперсной фракции (<0,25 мм). Эта процедура была необходима в связи с тем, что исследованная почва имеет высокое содержание грубодисперсных фракций (песка среднего и крупного, гравия), которые затрудняли анализ распределения частиц размерами менее фракции среднего песка.

Определение удельной поверхности проводили методом десорбционного равновесия над насыщенными растворами солей. Содержание органического углерода было определено с помощью автоматического анализатора АН-7529 при температуре 900-1000° С в потоке очищенного от примесей кислорода [2].

Теплота смачивания (ТС, кал/г) была определена на калориметре типа ОХ12К и вычислялась по формуле: $ТС = K_k \cdot \Delta t_n / P_c$, где K_k – теплоемкость калориметра, t_n – истинное повышение температуры, P_c – масса абсолютно сухой навески [3].

Результаты и обсуждение

В табл. 2 представлены результаты исследования основных свойств дерново-подзолистой почвы.

Как видно из табл. 2, почвы по гранулометрическому составу относятся к среднему суглинку и к легкому суглинку в поверхностных слоях варианта «Контроль». Следует отметить резкое облегчение гранулометрического состава почвы в слоях 30-40 см (до супеси) варианта «NPK». На характерное распределение свойств твердой фазы по профилю указывает и удельная поверхность по воде. Отметим, что в нижних исследованных слоях (30-40 см) вариантов «Контроль» и «NPK+навоз» происходит труднообъяснимое увеличение удельной поверхности. Кроме того, заметно увеличивается удельная поверхность, определенная методом десорбции паров воды, в варианте «NPK+навоз». Такое увеличение, по-видимому, объясняется повышенной гидрофильностью органического вещества в этом варианте и, видимо, некоторым изменением минералогического состава в нижних слоях почвы. Следует отметить и повышенную водоудерживающую способность почв в этом варианте, что хорошо иллюстрируется заметно более высокой важностью при пределах текучести и пластичности. Плотность почвы из табл. 2 заметно увеличивается по глубине во всех вариантах. В пахотном слое варианта «NPK+навоз» плотность снижена в сравнении с другими вариантами, т.е. внесение навоза улучшает плотность почвы в пахотном слое. В

Таблица 2. Некоторые физические и химические свойства дерново-подзолистой почвы*

Варианты	Глубина, см	Физич. глина, %	Сод. ила, %	Плотность г/см ³	С _{орг.} , %	S _{пол.} , м ² /г	ТС, кал/г	ПП, %	ПТ, %
Контроль	0-10	27,61	3,92	1,56	1,04	22,01	1,68	14,49	19,24
	10-20	28,17	3,90	1,58	1,04	20,84	1,56	15,10	18,16
	20-30	29,27	4,59	1,80	0,65	18,67	1,37	12,60	15,29
	30-40	34,04	4,98	1,75	0,24	26,20	1,39	12,33	15,25
Известь	0-10	31,48	4,23	1,67	1,20	22,60	2,18	15,10	19,88
	10-20	29,54	3,95	1,65	1,2	21,80	1,46	15,56	19,43
	20-30	31,34	4,23	1,88	1,05	20,79	1,46	15,53	20,03
	30-40	25,82	3,41	1,97	0,75	14,10	1,25	12,61	14,02
NPK	0-10	32,53	4,77	1,58	1,16	21,77	1,44	15,16	19,92
	10-20	31,10	4,26	1,50	1,22	17,69	1,78	14,45	18,96
	20-30	29,13	3,88	1,67	0,67	19,02	1,47	12,87	16,59
	30-40	17,39	2,42	1,75	0,26	13,75	0,78	12,95	13,71
NPK+навоз	0-10	32,12	4,23	1,44	1,77	27,83	2,20	12,82	26,45
	10-20	31,08	4,20	1,40	2,09	31,38	3,13	21,38	27,22
	20-30	27,42	3,76	1,75	0,57	20,40	1,23	13,20	17,13
	30-40	35,57	6,55	1,84	0,21	46,66	2,11	13,30	19,48

* – Сполн – полная поверхность почвы по десорбции паров воды, ТС – теплота смачивания, ПП и ПТ – пределы пластичности и текучести

варианте «Известь» наибольшая плотность почвы. Изменение плотности в варианте «Известь» отмечалось также и в исследованиях Тимирязевской Сельскохозяйственной Академии в 1996-1998 гг. Однако в этих исследованиях указывается, что плотность варианта «Известь» выше плотности варианта «Контроль» незначительно и сделан вывод о том, что это уплотнение в пределах ошибки опыта [1]. Теплота смачивания почв в исследованных вариантах варьировала в пределах 0,78-3,13 кал/г, т.е. эта почва может быть отнесена к слабо гидрофильной. Следует отметить, что наибольшие значения теплоты смачивания наблюдаются в варианте «НРК+навоз», что, видимо, связано в первую очередь с наличием гидрофильного органического вещества.

Итак, сравнительный анализ некоторых физических и химических свойств поверхностных горизонтов почв различных вариантов длительного агрономического опыта показал следующее: (1) почвы слабо различаются по фундаментальным физическим свойствам, которые характеризуют твердофазную основу почвы. Она изменилась очень незначительно; (2) наблюдается заметная пространственная изменчивость свойств как по профилю, так и между вариантами. Полагаем, что несколько облегченный гранулометрический состав варианта «Контроль», и повышенное содержание тонких частиц в варианте «НРК+навоз» обусловлен в первую очередь пространственной неоднородностью почвенного покрова участка и в меньшей мере – с агрохимическим и агро-мелиоративным воздействием. В целом же можно сделать вывод, что основные фундаментальные физические свойства существенно не изменяются под влиянием длительных агрохимических воздействий. Лишь вариант «НРК+навоз» заметно отличается повышенным содержанием тонких гранулометрических частиц, и, соответственно, более высокой водоудерживающей способностью (влажностью) при пределах текучести и пластичности.

Вследствие небольших различий в фундаментальных физических свойствах вариантов мы решили провести анализы физико-механических свойств почвы. Физико-механические свойства, такие как механическая прочность агрегатов и сопротивление расклиниванию почвенных паст различной влажности, дают

возможность оценивать движение частиц друг относительно друга, т.е. оценить межчастичные взаимодействия. И для целей нашего исследования эти свойства могут оказаться более чувствительными и важными, чем традиционные фундаментальные физические свойства.

Наиболее интересным, на наш взгляд, представляется поведение почв разных вариантов опыта под механической нагрузкой в виде сопротивления расклиниванию при различной влажности. В этом случае почва подвергается как деформациям сдвигания, так и деформациям сдвига, когда в полной мере проявляются ее дилатантные свойства и свойства, характеризующие сцепление почвенных частиц [3] и в целом характеризует механическую прочность почвы. С этой целью были получены зависимости сопротивления расклиниванию от влажности почв в диапазоне от влажности предела текучести до влажности предела пластичности для различных вариантов опыта.

На рис. 1 представлены указанные кривые. Практически для всех исследованных глубин заметно, что кривая зависимости P_w-W для варианта «НРК+навоз» находится в области более высоких влажностей, т.е. при одинаковой влажности почвы этого варианта обладают более прочными межчастичными связями, формируя структуры типа коагуляционных. Отметим также, что известкованный вариант также проявляет более заметные прочностные и дилатантные свойства, что подтверждается более высокой крутизной вида зависимости P_w-W . Как видно из рисунков, прочность почвенной структуры во всех вариантах опыта резко возрастает в довольно узком диапазоне влажности. Такое реологическое поведение почвы характерно для почв с наличием грубодисперсных гранулометрических компонентов, что и подтверждается данными по гранулометрическому анализу почв.

Выводы

1. В условиях длительного агрономического опыта фундаментальные физические свойства дерново-подзолистых почв значительно не изменились под влиянием применения извести, удобрений и навоза. Отмечается некоторое увеличение количества тонких частиц в профиле почв варианта «НРК+навоз», увеличение водоудерживающей способности почв этого варианта.

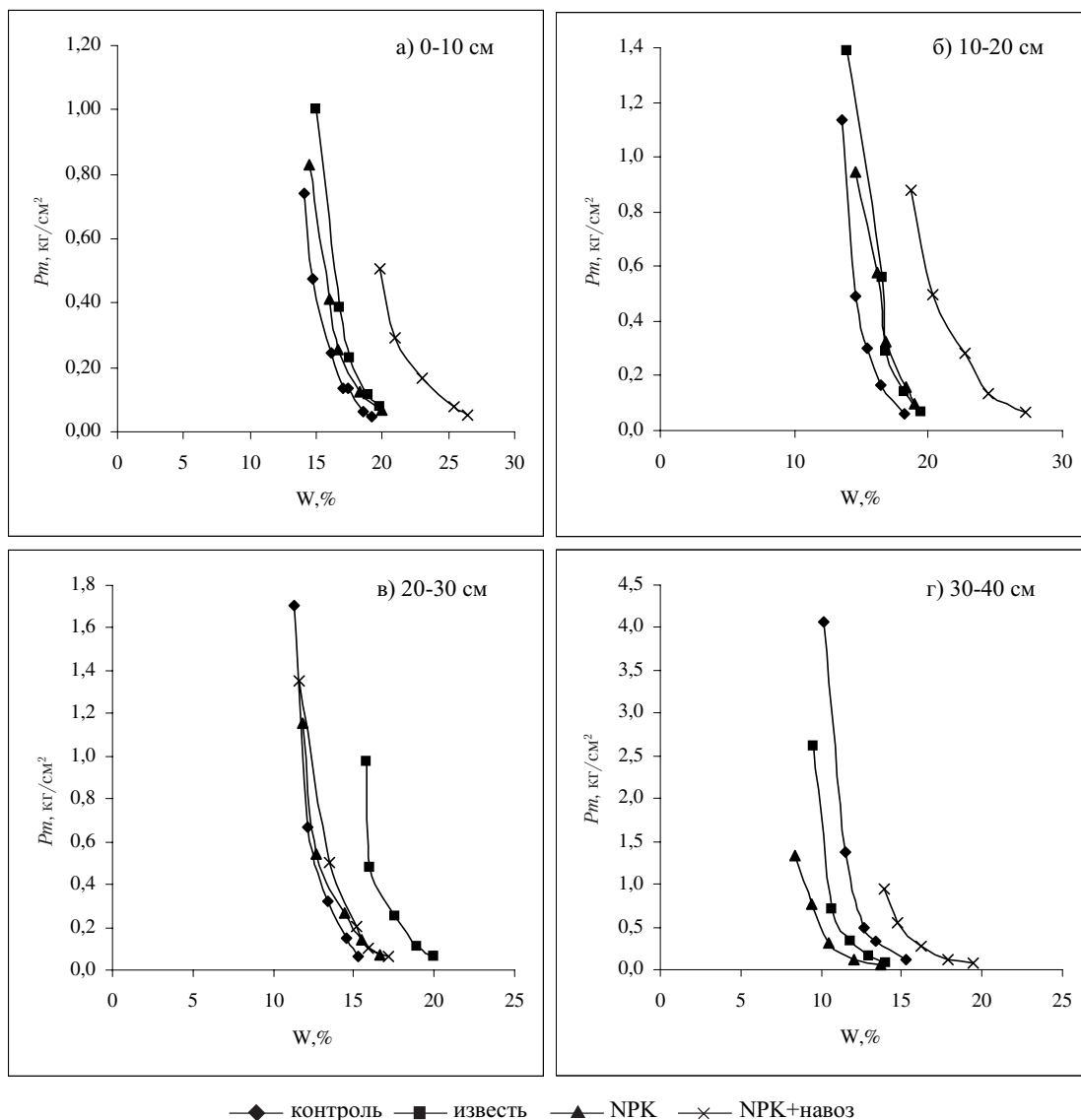


Рисунок 1. Зависимости сопротивления расклиниванию (P_m , кг/см²) дерново-подзолистой почвы от влажности (W , % к массе абсолютно-сухой почвы) по вариантам исследования на глубинах 0-10, 10-20, 20-30 и 30-40 см

2. Физико-механические свойства (прочность агрегатов и зависимость сопротивления расклиниванию от влажности почв) оказываются наиболее чувствительными и статистически более надежными для целей сравнительной оценки изменения почв в результате длительно влияния удобрений. Эти свойства и характеристические зависимости оценивают межчастичные взаимодействия, связи, формирующиеся между отдельными почвенными час-

тицами, реологическое поведение почв различных вариантов агрономического опыта.

3. Реологические свойства вариантов «Контроль» и «Известь» в сравнении с другими вариантами опыта указывают на достоверно более высокий рост межчастичных взаимодействий с уменьшением влажности, что связано с облегченным гранулометрическим составом почв варианта «Контроль» и агрегацией частиц вследствие влияния извести.

Список использованной литературы:

1. Алферов А.А., Сафонов А.Ф. Водопрочность структуры и плотность почвы // Длительному опыту ТСХА 90 лет: итоги научных исследований. М.: МСХА, 2002.
2. Шейн Е.В. Курс физики почв. М., Изд-во МГУ. 2005.
3. Теории и методы физики почв. Под ред Шейна Е.В., Карпачевского Л.О. М., 2007.