

УДК 631.445.2:631.41

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Н. П. ПАНОВ, Л. М. НАУМОВА

(Кафедра почвоведения)

Дается оценка свойств дерново-подзолистых почв не только по общепринятым показателям, но и по активности ряда ионов, содержанию обменных, водорастворимых макро- и микроэлементов и соотношению Ca:Mg. Установлена зависимость между предлагаемыми показателями и урожайностью ячменя.

Интенсификация сельскохозяйственного производства возможна лишь на основе глубоких знаний состава и свойств почв, что позволит подойти к научно обоснованному решению таких вопросов, как своевременная обработка почв и посев сельскохозяйственных культур, рациональное использование органических и минеральных удобрений, химических средств защиты растений, проведение мелиоративных мероприятий и т. д. В связи с этим важно определить свойства почв, наиболее тесно коррелирующие с урожайностью сельскохозяйственных культур. Направленным воздействием на данные свойства возможно не только регулировать уровень плодородия, но и обеспечивать расширенное его воспроизводство.

В настоящее время для оценки оптимальных параметров свойств почв предлагаются такие показатели, как содержание гумуса, рН, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями, обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием [2, 3, 5]. Ряд авторов [1, 4] предлагают дополнить этот перечень следующими агрофизическими показателями: мощность пахотного слоя, плотность почвы, общая пористость, влагоемкость, количество водопрочных агрегатов $>0,25$ мм.

В целях более глубокого изучения свойств почв нами наряду с рекомендуемыми показателями определялись активность ионов K^+ , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , концентрация P, K, Fe, Mn, Zn, Cu, Ca и Mg в почвенном растворе, а также содержание подвижных форм микроэлементов. В задачу исследований входило: установление влияния комплекса свойств почв на урожайность ячменя и оценка предлагаемых в литературе показателей с точки зрения выявления оптимальных параметров свойств дерново-подзолистых почв. Изучали физико-химические и агрохимические свойства почв, которые в дальнейшем сопоставляли с данными об урожайности. Исследования проводили в учхозе «Михайловское» Московской области на трех стационарных площадках, заложенных на дерново-слабо-неглубокоподзолистых почвах разной степени гумусированности (2-я и 3-я площадки) и на дерново-слабоподзолистой глееватой почве (1-я площадка).

Как показывают данные табл. 1, содержание гумуса в пахотных горизонтах почв 1-й стационарной площадки составляет 2,73 %, 2-й — 2,85, 3-й — 2,31 %. Оптимальное содержание гумуса в дерново-подзо-

Физико-химическая и агрохимическая характеристика почв стационарных площадок

Номер площадки и индекс почвы	Горизонт почвы и глубина взятия образца, см	Гумус, %	Азот общий, %	Азот легкогидролизный, мг/100 г	P ₂ O ₅ K ₂ O		pH _{вод}	pH _{сол}	H _г	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г	Степень насыщенности основаниями, %
					мг/100 г						
1 п ₁ ^а	A _п , 0—28	2,73	0,18	7,0	41,5	44,7	7,6	6,8	0,60	21,2	97,2
	A ₂ B, 28—39	0,93	0,05	4,2	10,2	22,8	7,1	5,8	1,13	22,5	95,2
	B ₁ , 39—68	0,61	0,04	6,2	11,6	19,9	6,6	5,2	1,56	22,5	95,5
	BC, 68—101	0,79	0,04	2,9	11,6	20,7	6,4	4,8	2,07	27,5	93,0
2 п ₁ ^а	C, 101—140	0,58	0,05	3,9	7,3	19,9	6,6	4,8	2,16	31,7	93,6
	A _п , 0—27	2,85	0,15	6,3	23,7	62,5	7,2	6,1	1,20	18,1	93,8
	A ₂ B, 27—43	0,97	0,03	6,4	7,1	15,0	6,5	5,1	1,67	17,3	91,2
	B ₁ , 43—74	0,66	0,03	5,0	6,7	17,3	5,4	4,1	3,40	17,1	83,4
3 п ₁ ^а	BC, 74—116	0,76	0,04	3,5	8,4	18,4	5,4	4,1	4,05	20,0	83,2
	C, 116—140	0,66	0,03	4,9	9,8	21,6	6,4	4,8	2,31	27,9	93,3
	A _п , 0—26	2,31	0,13	6,0	10,6	16,2	6,4	5,3	2,16	14,9	87,4
	A ₂ B, 26—41	0,92	0,04	4,6	3,5	15,2	6,2	4,6	2,35	18,6	88,8
	B ₁ , 41—75	0,57	0,04	3,8	5,3	17,0	5,4	4,1	3,56	18,6	83,9
	BC, 75—121	0,64	0,05	3,5	6,7	18,4	5,5	4,1	3,33	21,5	86,6
	C, 121—170	0,56	0,05	4,1	5,7	18,7	6,6	4,9	1,82	30,8	94,2

листых суглинистых почвах равно 2,5—3,0 % [1—5]. Таким образом, содержание гумуса в почвах 3-й площадки немного ниже оптимального, в почвах 1-й и 2-й площадок — оптимальное. Характер распределения гумуса по профилю почв всех трех площадок одинаковый: в горизонте A₂B его содержание уменьшается довольно резко, а далее — постепенно. Аналогичная закономерность наблюдается в распределении общего азота по профилю почвы. Количество легкогидролизного азота в верхних горизонтах изучаемых почв колеблется от 6,02 до 7,00 мг/100 г.

Различное расположение стационарных площадок существенным образом сказалось на pH_{вод}, pH_{сол} и гидролитической кислотности. Известно, что уровень pH определяется механическим составом почв, выращиваемой культурой или типом севооборота. Так, по мнению Т. Н. Кулаковской, оптимальный уровень pH_{сол} для дерново-подзолистых почв составляет 6,5—6,7, легко- и среднесуглинистых почв Литовской ССР — 5,9, тяжелосуглинистых и глинистых — 6,82, суглинистых почв Эстонии — 5,9, тяжелых почв Белоруссии — 6,5, дерново-подзолистых среднесуглинистых почв в севообороте с большим удельным весом зерновых и клевера — 5,6—6,0 [3]. В. А. Семенов считает оптимальным значение pH_{сол} для ячменя 6,0—6,5 [5].

Согласно данным табл. 1, наиболее высокий уровень pH_{вод} характерен для пахотного горизонта дерново-подзолистой глееватой почвы 1-й стационарной площадки — на 0,5 и 1,2 выше, чем в почвах соответственно 2-й и 3-й площадок. Аналогичная закономерность отмечается и в изменении pH_{сол}. Наличие слабощелочной реакции среды в почвах 1-й и 2-й площадок, что не свойственно дерново-подзолистым почвам, связано, по-видимому, с переизвесткованностью этих участков, а также с применением щелочных удобрений. Отмеченная особенность может стать причиной напряженного режима питания сельскохозяйственных растений (в отношении ряда элементов). Вместе с тем pH_{сол} в почвах 3-й стационарной площадки на 0,2—1,6 ниже оптимального уровня, предлагаемого в литературе.

По мнению ряда исследователей [1—5], оптимальная гидролитическая кислотность дерново-подзолистых суглинистых почв для большинства сельскохозяйственных культур составляет 0,6—1,6 мг-экв/100 г, по мнению других [4]—2,5 мг-экв/100 г. Гидролитическая кислот-

ность в верхних горизонтах почв стационарных площадок составляет 0,6—2,16 мг·экв/100 г, т. е. не выходит за пределы оптимальных значений. Однако если в почвах 1-й площадки гидrolитическая кислотность оптимальна в пределах всего профиля, то в почвах 2-й и 3-й площадок с глубины 40 см она превышает оптимальный уровень.

Сумма поглощенных оснований в пахотном горизонте исследуемых почв 1,2 и 3-й площадок составляет соответственно 21,22; 18,10 и 14,96 мг·экв/100 г. По литературным данным, для дерново-подзолистых суглинистых почв оптимальная сумма поглощенных оснований — 14,0 мг·экв/100 г [4] и 12,0—15,0 мг·экв/100 г [2, 3]. Степень насыщенности основаниями в пахотных горизонтах колеблется от 87,4 до 97,2 %. Этот показатель у почв всех трех площадок является оптимальным.

По обеспеченности подвижным P_2O_5 и обменным K_2O изучаемые почвы значительно различаются: высокой обеспеченностью этими элементами отличаются почвы 1-й и 2-й стационарных площадок, средней — 3-й площадки (табл. 1). Большинство исследователей считают оптимальным содержание обменного K_2O в пределах 20—30 мг/100 г, подвижного P_2O_5 — в пределах 20—25 мг/100 г [5], 25—30 [3] и 20 мг/100 г [4]. Исходя из литературных данных, можно заключить, что на 1-й и 2-й стационарных площадках содержание P_2O_5 и K_2O выше оптимального уровня, на 3-й — почти в 2 раза меньше.

Содержание поглощенного Са в верхних горизонтах исследуемых почв колеблется от 8,9 до 13,5 мг·экв/100 г, вниз по профилю оно увеличивается, достигая максимума в почвообразующей породе — 21—22,6 мг·экв/100 г. Количество обменного Mg несколько ниже, в верхних горизонтах оно составляет 1,6—12,6 мг·экв/100 г и увеличивается вниз по профилю до 15,7 мг·экв/100 г. При таком узком соотношении Са:Mg в почвах 1-й и 2-й площадок растения, по-видимому, могут страдать от недостатка Са. Почвы 3-й площадки характеризуются более широким соотношением Са : Mg. Содержание обменного алюминия в почвах изучаемых площадок невысокое, что не сказывается отрицательно на сельскохозяйственных растениях и полезной микрофлоре почвы.

Таким образом, свойства изучаемых дерново-подзолистых почв по всем предлагаемым в литературе оценочным показателям являются оптимальными. Так, содержание гумуса, рНсол, количество подвижного P_2O_5 и обменного K_2O в почвах 3-й площадки ниже оптимальных уровней. Вместе с тем именно на этой площадке урожайность ячменя наиболее высокая — 37,1 ц/га. На 1-й площадке она на 8 ц/га меньше, 2-я площадка по урожайности занимает промежуточное положение (33,5 ц/га). Следовательно, данные оценочные показатели свойств почв, их абсолютные значения не всегда следует принимать безоговорочно. Правильнее оценивать почвы по комплексу показателей, поскольку отдельные из них могут выходить за пределы значений, рекомендуемых в качестве оптимальных.

Для более полной характеристики почв стационарных площадок были проанализированы данные о содержании подвижных микроэлементов в ацетатно-аммонийной буферной вытяжке по Крупскому — Александровой. Известно, что при оценке обеспеченности почв подвижными микроэлементами принимаются во внимание физиологические особенности сельскохозяйственных культур, потребность их в микроэлементах, экологические и агротехнические условия произрастания.

В исследуемых почвах ясно выражено биогенное накопление подвижных форм Mn, Zn и Cu. Количество подвижного Mn в пахотных горизонтах колеблется от 45,8 до 63,8 мг/кг, вниз по профилю его содержание уменьшается (табл. 2) и составляет минимум в средней части профиля. По данному элементу почвы относятся к высокообеспеченным. По содержанию подвижного Zn почвы 1-й и 3-й стационарных площадок также можно отнести к высокообеспеченным, 2-й — к среднеобеспеченным. Отмечается ярко выраженное биогенное накопле-

Содержание подвижных микроэлементов и поглощенных Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} и H^{++} в почвах стационарных площадок

Номер площадки и индекс почвы	Горизонт почвы и глубина взятия образца	Микроэлементы в 1 н. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, мг/кг			Поглощенные катионы, мг-экв/100 г		
		Mn	Zn	Cu	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{Al}^{+++} + \text{H}^{++}$
1 П_1^A	A_{2D} , 0—28	46,45	4,05	2,10	13,5	12,6	0,05
	A_2B , 28—39	18,55	1,05	0,80	14,8	6,4	0,04
	B_1 , 39—68	15,65	0,70	0,80	14,4	6,9	0,03
	BC, 68—101	26,25	0,35	1,05	17,8	7,3	0,09
2 П_1^A	C, 101—140	21,65	0,25	0,95	22,6	14,7	0,07
	A_{2D} , 0—27	45,80	1,65	1,75	8,9	9,0	0,05
	A_2B , 27—43	13,95	0,75	0,40	10,5	6,0	0,04
	B_1 , 43—74	10,35	0,95	0,80	12,8	8,2	0,79
3 П_1^A	BC, 74—116	33,05	0,85	1,10	15,0	9,9	0,70
	C, 116—140	27,80	0,20	0,55	21,4	15,7	0,07
	A_{2D} , 0—26	63,75	2,55	0,10	9,5	1,6	0,05
	A_2B , 26—41	10,30	0,90	0,10	12,6	6,3	0,09
	B_1 , 41—75	17,35	0,95	0,50	11,8	11,3	0,83
	BC, 75—121	18,75	0,80	0,90	11,3	11,2	0,70
	C, 121—170	23,30	0,15	0,45	21,0	12,2	0,08

ние Zn в верхних гумусовых горизонтах и довольно резкое снижение вниз по профилю; в почвообразующей породе его содержится очень мало. По количеству подвижных форм Cu почвы 1-й и 2-й площадок относятся к очень высокообеспеченным, 3-й площадки — к низкообеспеченным. Указанные особенности связаны с генезисом исследуемых почв: для полугидроморфных почв 1-й стационарной площадки характерно более высокое содержание подвижных форм Zn и Cu. Избыточное содержание Cu в почвах 1-й и 2-й площадок может оказывать токсичное действие на рост и развитие сельскохозяйственных растений. Отсутствие баланса микроэлементов в почве может привести к нарушению питания растений, к проявлению всевозможных заболеваний вследствие избытка или недостатка микроэлементов или от антагонистического взаимодействия между ними. Накопление тяжелых металлов, особенно Mn и Cu, в верхних горизонтах почв свидетельствует также о техногенном загрязнении их.

Для получения информации о наиболее подвижной части соединений ряда элементов в почвах целесообразно использовать экспресс-метод определения активности ионов в почве с помощью ионоселективных электродов. Закономерность изменения активности иона K^+ и концентрации этого элемента в почвенном растворе в целом такая же, что и содержания обменного K по профилю почв (табл. 3). Для: почв 3-й стационарной площадки характерна низкая активность K по всему профилю; на 2-й и 3-й площадках этот показатель определяли лишь в пахотных горизонтах; в нижележащих горизонтах она менее $1 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Активность нитрат-иона максимальна в подпахотных горизонтах. По активности иона Ca^{2+} и по характеру ее распределения по профилю почвы стационарные площадки существенно отличаются друг от друга. На 1-й и 2-й площадках активность ионов Ca^{2+} максимальна в пахотных горизонтах, вниз по профилю она уменьшается и вновь увеличивается в почвообразующей породе (табл. 3). В пахотном и подпахотном горизонтах активность Ca^{2+} минимальная, в горизонтах B_1 и BC она резко возрастает, а в почвообразующей породе вновь уменьшается. Аналогично изменяется и содержание водорастворимого Ca. Содержание водорастворимого P_2O_5 в пахотных горизонтах 1, 2 и 3-й площадок составляет соответственно 3,7; 4,8; 2,4 моль/л $\cdot 10^{-5}$, вниз по профилю почв на 1-й и 2-й площадках резко уменьшается и в горизонте B_1 3-й площадки несколько возрастает.

Активность ионов и содержание водорастворимых форм ряда элементов в почвах стационарных площадок

Номер площадки и индекс почвы	Горизонт почвы и глубина взятия образца, см	Eh, мВ	aK ⁺	aNO ₃ ⁻	aCa ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
			моль/л · 10 ⁻⁵			водорастворимые, моль/л · 10 ⁻⁵						
1 П ₁ ^{АГ}	A _п , 0—28	415	76,58	7,66	31,88	3,7	28,7	56,0	76,8	0,4	0,1	0
	A ₂ B, 28—39	446	<1	18,85	21,06	0,4	4,7	76,5	81,8	0,2	0,1	0
	B ₁ , 39—68	471	<1	4,22	11,10	0,4	1,4	70,3	82,2	0,2	0,2	0
	BC, 68—101	490	<1	0,51	5,80	0	1,5	3,8	9,4	0,1	0,1	0,3
2 П ₁ ^Д	C, 101—140	476	<1	0,58	24,68	0,9	0,9	38,6	66,8	0,1	0,2	0
	A _п , 0—27	450	105,52	2,84	20,09	4,8	56,4	1,8	13,7	25,7	0,5	0,1
	A ₂ B, 27—43	447	<1	9,98	23,88	0,3	4,8	72,1	69,1	0,2	0,4	0,1
	B ₁ , 43—74	533	<1	0,96	9,18	0	1,7	82,9	80,6	0,1	0,5	0
3 П ₁ ^Д	BC, 74—116	581	<1	0,51	17,26	0	1,7	47,1	81,2	0,3	0,3	0
	C, 116—140	593	<1	0,44	17,55	0	1,9	46,7	76,1	0	0,2	0
	A _п , 0—26	523	<1	1,64	7,36	2,4	10,1	7,9	77,8	17,8	0,3	0,1
	A ₂ B, 26—41	553	<1	15,12	6,30	0,5	1,4	14,3	31,1	0,6	0,2	0
П ₁ ^Д	B ₁ , 41—75	618	<1	2,23	30,12	2,4	2,5	15,8	34,5	0,1	0,1	0
	BC, 75—121	615	<1	0,43	46,68	1,0	1,7	4,7	31,1	0,9	0,2	0
	C, 121—170	566	<1	0,99	11,66	0,9	1,6	4,6	31,3	0,4	0,2	0,1

Особенностью исследуемых почв является довольно высокое содержание водорастворимого Mg; количество его больше или равно содержанию водорастворимого Ca в почвах 1-й и 2-й площадок и значительно выше, чем в почвах 3-й площадки. Содержание водорастворимых форм микроэлементов в исследуемых почвах низкое.

Урожайность ячменя была максимальной на 3-й площадке, где содержание гумуса, P₂O₅ и K₂O и рН_{СОЛ} ниже оптимальных значений для дерново-подзолистых почв. Эти показатели достоверно отличаются от аналогичных показателей почв 1-й площадки, где они оптимальны, а содержание P₂O₅ и K₂O превышает оптимум. Урожайность ячменя на 1-й площадке составляет 29,3 ц/га, что на 8 ц/га меньше, чем на 3-й площадке. В то же время выявлен ряд показателей, хорошо коррелирующих с урожайностью: активность нитрат-ионов, содержание водорастворимого фосфора, значение Eh максимальны на площадках, где получена более высокая урожайность. Наблюдается обратная зависимость между урожайностью и показателями активности K⁺ и Ca²⁺, а также концентрацией данных элементов в почвенном растворе. В связи с этим при установлении оптимальных параметров свойств дерново-подзолистых почв, по-видимому, нельзя ограничиваться только предлагаемыми в литературе показателями. Необходимо привлекать для характеристики новые, более информативные показатели. Особое внимание должно быть обращено на экспресс-методы, позволяющие оценивать те или иные параметры непосредственно в полевых условиях. Полученные сведения о почвах полугидроморфного и автоморфного рядов свидетельствуют о необходимости более углубленного анализа данных о физико-химических, химических и агрофизических свойствах почв, водном и воздушном режимах. Только изучение взаимодействия и взаимного влияния основных свойств почв позволит правильно подойти к решению вопроса оптимизации этих свойств.

Заключение

Оценку свойств дерново-подзолистых почв по предлагаемым отдельным параметрам нельзя признать удовлетворительной, так как они значительно варьируют в зависимости от местных условий и не всегда коррелируют с урожайностью сельскохозяйственных культур.

Предлагается наряду с общепринятыми показателями, такими, как гумус, рН, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных основа-

ний, подвижные фосфор и калий, проводить оценку свойств дерново-подзолистых почв по активности ионов K^+ , Ca^{2+} , NO_3^- , содержанию обменных и водорастворимых макро- и микроэлементов, соотношению $Ca:Mg$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев Г. И. Диагностические показатели степени окультуренности дерново-подзолистых, светло-серых и серых лесных суглинистых почв. — В сб.: Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1980, с. 21—29. — 2. Кулаковская Т. Н., Богдевич И. М., Ярошевич М. И. и др. Методы определения оптимальных параметров агрохимических свойств, отражающих разную степень окультуренности и продуктивности почвы. — В сб.: Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1980, с. 5—15. —
3. Кулаковская Т. Н. Оптимальные параметры плодородия почв. — М.: Колос, 1984. — 4. Рабочее И. С., Королева И. Е. Показатели плодородия почв и пути их регулирования. — В сб.: Плодородие почв: проблемы, исследования, модели. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1985, с. 29—37. — 5. Семенов В. А., Березовский В. А., Драгунов О. А. Оптимальные параметры свойств почв для возделывания культурных растений. — В сб.: Теоретический основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1980, с. 51—62.

Статья поступила 29 июня 1987 г.

SUMMARY

The properties of soddy-podzolic soils are estimated not only by conventional characteristics (humus content, pH, hydrolytic acidity, S, amount of mobile forms of phosphorus and potassium), but also by K^+ , Ca^+ , NO_3^- ion activity, amount of water-soluble macro- and microelements, $Ca:Mg$ ratio.