

УДК 631.423:631.445.2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФОРА И КАЛИЯ НА МЕЗОМОРФОЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЕ В ПРОФИЛЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ПОКРОВНЫХ СУГЛИНКАХ

А. Д. КАШАНСКИЙ, К. Л. ВЫСОЦКИЙ

(Кафедра почвоведения)

Изучение исходных запасов питательных веществ в почвах, условий их распределения, доступности растениям позволяет правильно оценить почвенное плодородие, наметить пути улучшения питательного режима и подъема продуктивности сельскохозяйственных угодий. В этой связи особый интерес представляет изучение закономерностей локального накопления питательных элементов по отдельным мезоструктурным компонентам, что невозможно сделать, используя среднесмешанные растертые образцы горизонтов. В природных условиях корни культурных и древесных растений, проникая на глубину 1,5—5 м [9, 13], соприкасаются не столько с минеральной массой почвы, сколько с поверхностями раздела твердой, жидкой и газообразной ее фаз. В подпахотных горизонтах они распространяются преимущественно по трещинам и граням структурных отдельностей — педов. В свою очередь, минеральные, органико-минеральные вещества, в состав которых входят и питательные элементы, передвигаясь в виде растворов и суспензий вглубь по трещинам и межпедным порам, в основном аккумулируются на их поверхностях. Это явление четко диагностируется при изучении текстурной части профиля на мезоморфологическом уровне по наличию разнокачественных (по цвету, строению, механическому составу, толщине, характеру новообразований и т. д.) пленок-кутан. Между местонахождением кутан и их свойствами наблюдается определенная взаимосвязь. Так, в элювиальной части профиля верхние грани педов имеют минеральную песчанистую присыпку-скелетану, а нижние покрыты глинистой кутаной. В иллювиальных горизонтах глинистые или Fe—Mn пленки хорошо выражены на всех гранях педов. Пути проникновения корешков растений в глубь структурных агрегатов также, как правило, окружены глинистыми корочками, а в горизонтах с признаками оглеения имеют, кроме того, и железистые трубочки [8].

Изучение и выделение в полевых условиях мезоструктурных компонентов педов производится с помощью увеличительных приборов и приемов препарирования большого количества образцов структурных

Содержание ила, сокалатнорастворимых и валовых R_2O_3 , валового и подвижного фосфора, калия в мезоструктурных компонентах подзолистых почв

Вид образца	<0,001 мм	R_2O_3 валовые	R_2O_3 по Тамму	P_2O_5 валовая, %	P_2O_5 подвижная форма		K_2O подвижная форма, мг/100 г
					% на абсолютно сухую почву	мг/100 г	
Сильноподзолистая легкосуглинистая почва, лес, разр. 1							
A2, 18—30 см							
VT серовато-бурая кутана	—	15,23	2,85	0,05	4,1	9,1	9,1
A2B1, 35—40 см							
Верх педа	9,6	13,51	0,62	0,03	15,1	56,6	6,1
ВПМ	12,9	14,33	0,63	0,07	17,6	24,9	4,3
Низ педа	11,0	14,20	0,87	0,07	15,8	24,0	4,6
VT темно-бурая	—	17,05	3,67	0,09	3,2	3,7	6,7
VT светло-бурая	16,3	16,76	3,70	0,15	4,9	3,3	9,4
B1A2, 46—51 см*							
Верх педа	—	14,93	0,93	0,06	19,4	32,0	8,1
ВПМ	16,6	15,56	0,85	0,07	20,3	30,8	6,6
Низ педа	23,1	17,28	1,22	0,08	16,5	22,3	8,7
B1, 68—73 см							
Верх педа	22,7	16,92	0,75	0,07	8,7	13,3	8,5
ВПМ	25,7	17,43	0,92	0,08	8,4	10,6	9,1
Низ педа	25,8	17,15	0,71	0,07	7,6	11,1	8,7
VT скелетана	12,5	13,79	0,28	0,06	25,9	42,7	5,1
VT осветленная масса	17,5	12,13	0,42	0,09	17,2	18,5	5,2
VT Fe—Mn кутана	23,8	14,86	2,45	0,06	5,0	8,5	7,7
B2, 110—120 см							
Верх педа	26,2	16,52	0,82	0,12	26,6	23,4	7,9
ВПМ	22,3	16,73	0,88	0,09	29,2	33,5	5,6
Низ педа	25,9	16,72	0,72	0,08	30,2	38,1	9,2
Боковая грань	27,5	17,85	0,65	0,09	16,0	17,1	10,2
VT глинистые натеки	61,5	26,56	2,09	0,10	16,2	15,5	22,0
Окультуренная среднеподзолистая легкосуглинистая почва, пашня, разр. 5							
Верх педа	—	11,67	0,56	0,05	15,1	30,0	7,6
ВПМ	—	16,56	1,20	0,08	15,7	21,0	12,4
Низ педа	—	16,54	1,22	0,08	13,8	16,1	14,8
VT белесовато-палевая	—	11,94	0,57	0,05	10,8	23,0	3,8
B1, 70—75 см							
Верх педа	—	18,20	1,19	0,10	17,7	17,3	14,7
ВПМ	—	17,69	1,13	0,09	16,4	17,8	13,3
Низ педа	—	18,51	1,13	0,11	16,2	15,0	18,0
B2, 110—115 см							
Верх педа	—	18,79	1,24	0,11	20,1	19,0	14,4
ВПМ	—	19,02	0,93	0,10	21,9	21,8	12,8
Низ педа	—	19,66	1,07	0,11	19,0	17,6	12,8
Боковая грань:	—	19,30	1,15	0,09	24,2	26,9	16,5
VT глина	—	29,41	1,65	0,21	23,0	11,2	40,6
B3, 155—160 см							
ВПМ	—	19,55	1,17	0,10	26,8	26,0	10,3
BC, 205—230 см							
ВПМ	—	19,10	1,27	0,09	30,8	35,8	11,8
VT околоторовая осветленная	—	19,01	0,88	0,09	34,9	41,0	13,5

отдельностей по методике Таргульяна [14]. Наличие признаков неоднородного строения педов по горизонтам профиля позволяет предположить различную обеспеченность мезоструктурных компонентов питательными элементами. Разнокачественность химического состава корочек и внутренних частей педов в иллювиальных горизонтах неоднократно подчеркивалась в работах отечественных и зарубежных исследователей [3, 4, 10—12, 17, 19, 21]. Имеются также сведения о более высокой численности всех групп микроорганизмов в кутанах текстурных горизонтов, чем в почве в целом [15]. Вместе с тем известно [17, 18, 20], что глинистые кутаны могут препятствовать проникновению корней в глубь педов и способствовать снижению общей доступности питательных веществ.

В данной работе сделана попытка выявить закономерности распределения валового, подвижного фосфора и калия на мезоморфологическом уровне. Исследования проводили в среднетаежной подзоне Архангельской области на подзолистой легкосуглинистой почве под лесом и окультуренном аналоге, сформированных на мощных покровных суглинках [2, 8]. В текстурных горизонтах указанных почв тщательным препарированием было выделено максимально возможное количество образцов по элементам строения педов и внутритрещинной массе (ВТМ). В отобранных образцах определяли валовой состав, содержание ила, R_2O_3 — по Тамму, подвижные P_2O_5 и K_2O — по Кирсанову в 0,2 н. HCl вытяжке.

Полученные данные (табл. 1) показывают, что валовые запасы фосфатов в мезоструктурных компонентах лесной почвы (разр. 1) варьируют в пределах 0,03—0,15% от массы почвы. Самое низкое содержание валового фосфора отмечено в осветленных скелетанах с верхней стороны педов элювиальных горизонтов и осветленном материале трещин иллювиальной толщи. Повышенное его количество приурочено к гумусово-железистым и глинистым пленкам. Валовые запасы фосфатов во внутripедной массе (ВПМ) горизонтов изменяются незначительно, что служит дополнительным подтверждением исходной однородности почвообразующей породы.

Содержание подвижной P_2O_5 (мг/100 г и % к валовому) с глубиной заметно увеличивается. Лишь в горизонте В1 количество кислоторастворимых фосфатов во всех мезоструктурных компонентах резко снижается. Накопление валовых R_2O_3 в этом горизонте может являться следствием перехода иллювиально привносимых несиликатных R_2O_3 в труднорастворимые формы с поглощением фосфат-ионов в условиях периодической смены окислительно-восстановительного режима. Смена анаэробной обстановки аэробной приводит к уменьшению подвижности фосфатов вследствие фиксации их свободными гидроокислами [5, 6, 7, 16].

Мобильность фосфатов по ВПМ горизонта В2 в 3,3 раза выше, чем в горизонте В1. Заметное увеличение доли экстрагируемой P_2O_5 в нижних горизонтах объясняется, по-видимому, более устойчивым ОБ-режимом и наличием Ca—Mg фосфатов, легкорастворимых в 0,2 н. HCl вытяжке. В переходных горизонтах А2В1—В1А2 мобильность фосфатов в верхних гранях педов выше, чем в ВПМ. Активное воздействие оподзоливающих агентов при элювиально-глеевом выносе R_2O_3 , а также облегченный механический состав скелетаны не способствуют закреплению фосфатов в труднорастворимых формах. На нижних сторонах педов, обогащенных илом и оксалатнорастворимыми R_2O_3 , сорбция фосфатов больше, а их подвижность меньше, чем в верхних гранях и ВПМ. В иллювиальных горизонтах В1—В2 различия педов проявляются менее резко. Неоднородная по морфологии, механическому и валовому составам ВТМ этих горизонтов характеризуется наиболее контрастными значениями мобильности фосфатов, особенно

это относится к осветленной скелетане, темноокрашенной Fe — Mn кутане и темно-бурым глинистым натекам. Из скелетаны кислотной вытяжкой извлекается почти половина валовых запасов фосфатов, что в 4 раза превосходит мобилизацию их из ВПМ и в 5 раз показатели растворимости P_2O_5 в Fe — Mn кутане. Подвижность фосфатов в материале, препарированном из трещин горизонта B1, уменьшается в следующей последовательности: скелетана — осветленная масса — Fe — Mn кутана. Одновременно в такой же последовательности возрастает содержание ила и оксалатнорастворимых R_2O_3 .

Характер распределения фосфатов по мезоструктурным компонентам пахотной почвы (разр. 5) при ее сравнительно высокой обеспеченности подвижными формами в целом такой же, как и в лесной. Содержание подвижной P_2O_5 с глубиной постепенно увеличивается. В горизонте B1 относительное содержание подвижных фосфатов остается самым низким и не превышает 17,8% их валовых запасов. В переходной части профиля (горизонт A2B1) на верхней грани педов соединения фосфора удерживаются слабее, чем во ВПМ, и особенно на нижней их грани. В иллювиальном горизонте B2 повышенная аккумуляция кислоторастворимой P_2O_5 наблюдается в кутане на боковой грани педов и во ВПМ. Наибольшим закреплением подвижных фосфатов отличаются глинистые пленки со стенок трещин, несмотря на их обогащение валовыми запасами P_2O_5 . Увеличение количества экстрагируемого фосфора в околоторовой осветленной массе горизонта BC по сравнению с ВПМ того же горизонта свидетельствует о мобилизации фосфатов при развитии процесса глеевого элювирования в притрещинных зонах.

По существующим индексам обеспеченности подвижными фосфатами (градациям) [1] образцы мезоструктурных компонентов существенно различаются между собой как в целинном, так и в пахотном профиле (в пределах горизонтов A2B1, B1 разр. 1 обеспеченность P_2O_5 изменяется от низкой до очень высокой — II—VI класс). С глубиной в профиле подзолистых почв эти различия сглаживаются, но не устраняются. Среднесмешанный размолотый образец из генетического горизонта, как справедливо предостерегают и другие исследователи [18, 20], не обязательно является репрезентативной выборкой для оценки эффективного плодородия. Преобладающий по объему и массе внутрипедный материал будет искажать фактическую доступность элемента в горизонте, поскольку глинистые и Fe — Mn кутаны на поверхностях педов способны ограничивать поступление питательных веществ из внутренних частей агрегатов.

Общей закономерностью мезоморфологического распределения подвижного калия для целинного профиля является большее его содержание в кутанах и внутритрещинном материале, чем в центральных частях педов. В горизонте A2B1 из кутан и ВТМ 0,2 н. HCl вытяжкой экстрагировалось в 1,5—2 раза больше подвижного калия, чем из ВПМ. Количество подвижной K_2O во ВПМ горизонта B1 более чем в 2 раза превышает содержание ее во ВПМ горизонта A2B1, что вполне согласуется с общим элювиально-иллювиальным перераспределением ила в профиле. На поверхности структурных отдельностей концентрация калия несколько возрастает, что особенно характерно для горизонтов A2B1, B1A2, B2. Наиболее контрастными по величине индекса обеспеченности K_2O являются мезоструктурные компоненты горизонта B2. Если во ВПМ этого горизонта она низкая (5,6 мг/100 г), то в глинистых натеках очень высокая (22 мг/100 г).

Особенности мезоморфологического распределения подвижного калия обусловлены высоким содержанием в кутанах ила, обогащенного калийсодержащими глинистыми минералами, периодическим воздействием кислых почвенных растворов и корней растений на поверхности

педов и возможным привносом мобильного калия из органогенных горизонтов.

Анализ распределения подвижных P_2O_5 и K_2O в целинном профиле позволяет установить элементы обратной связи между ними. Обогащенные илом и R_2O_3 мезоморфологические компоненты педов отличаются повышенным содержанием кислоторастворимой K_2O и низким содержанием P_2O_5 . Окультуривание и сельскохозяйственное использование подзолистой почвы положительно сказываются на ресурсах подвижного калия. ВПМ верхних горизонтов пашни по обеспеченности калием превосходят на 2 градации ВПМ целинного профиля. Однако контрастность в распределении этого питательного элемента по мезоструктурным компонентам и для пашни выражена достаточно отчетливо. Так, осветленный материал скелетан по сравнению с ВПМ соответствующих горизонтов содержит в 2—3 раза меньше экстрагируемого калия, а по сравнению с натечной глиной — более чем в 10 раз.

Для выявления зависимостей между содержанием некоторых почвообразующих элементов и уровнем накопления питательных веществ в мезоструктурных компонентах изучаемых почв были рассчитаны коэффициенты корреляции для прямолинейного типа связи (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между фосфором, калием и некоторыми химическими элементами мезоструктурных компонентов подзолистых почв

Сравниваемые показатели	Целинная почва, разр. 1	Окультуренная почва, разр. 5
P_2O_5 в 0,2 н. HCl — R_2O_3 по Тамму	—0,61	+0,26
То же — Al_2O_3	—0,42	+0,13
» » — Fe_2O_3	—0,67	+0,32
» » — MnO	—0,60	+0,09
» » — R_2O_3 валовые	—0,04	+0,46
P_2O_5 валовая — R_2O_3 валовые	+0,42	+0,97
То же — Al_2O_3	+0,30	+0,96
» » — Fe_2O_3	+0,39	+0,98
» » — MnO	—0,36	+0,16
K_2O в 0,2 н. HCl вытяжке — содержание ила <0,001 мм	+0,94	—

В целинной почве обнаружена обратная корреляционная зависимость ($r = -0,61$) между подвижными фосфатами и оксалаторастворимыми R_2O_3 по Тамму, в большей мере выраженная для несиликатного Fe_2O_3 ($r = -0,67$) и слабее для MnO ($r = -0,60$). Достоверной связи между подвижной P_2O_5 и валовыми R_2O_3 не наблюдается. Между валовыми запасами R_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и уровнем накопления общего фосфора обнаруживается положительная корреляция. Следовательно, поглощение почвой фосфат-ионов происходит преимущественно при участии соединений Fe и Al, в то время как окислы Mn, по-видимому, не способствуют фиксации этого элемента ($r = -0,36$). Наиболее тесная положительная зависимость отмечается между содержанием ила и подвижной K_2O ($r = +0,94$).

Значения коэффициентов корреляции для окультуренной почвы только положительные. Если прямая связь между подвижными P_2O_5 и R_2O_3 достаточно слабая (при максимальном значении $r = +0,32$ для Fe_2O_3), то между валовыми запасами фосфора и R_2O_3 она становится настолько тесной, что можно говорить о наличии между ними функциональной зависимости ($r = +0,97$). Таким образом, в профиле пахотной почвы переход части валовых запасов R_2O_3 в подвижные формы может сопровождаться высвобождением фосфатов. В лесном профиле

постоянный приток в почвенный раствор несиликатных R_2O_3 , обусловленный особенностями биологического круговорота веществ, режимом увлажнения и современного почвообразования, приводит к снижению мобильности P_2O_5 .

Выводы

1. Мезоструктурные компоненты педов в пределах текстурных генетических горизонтов заметно различаются по обеспеченности кислоторастворимым и валовым фосфором и калием. Заметно изменяется и степень подвижности питательных элементов независимо от уровня их валового содержания.

2. Количество подвижной P_2O_5 (в мг/100 г и в % к валовому накоплению) с глубиной постепенно увеличивается, содержание мобильной K_2O наибольшее в иллювиальных горизонтах.

3. В верхних и нижних кутанах педов элювиальной части профиля содержится меньше подвижных фосфатов и больше калия, чем во внутрипедной массе.

4. Подвижность фосфатов резко снижается в глинистых и Fe—Mn пленках, покрывающих стенки трещин и нижние поверхности педов.

5. В лесной почве между подвижной P_2O_5 и оксалатнорастворимыми R_2O_3 корреляционная связь обратная ($r = -0,61$). В пахотной почве обратной связи между рассматриваемыми элементами не прослеживается ($r = +0,26$), а между содержанием их валовых форм наблюдается тесная прямая зависимость ($r = +0,97$). Распределение подвижной K_2O в целинном профиле тесно взаимосвязано с содержанием илистой фракции ($r = +0,94$).

6. Среднесмешанный размолотый образец из генетического горизонта не обязательно является репрезентативной выборкой для оценки обеспеченности почвы питательными элементами.

7. Разрушение глинистых и Fe—Mn кутан, препятствующих проникновению корней растений в глубь педов, может оказать благоприятное влияние на использование доступных питательных веществ растениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв с.-х. угодий Российской Федерации. Под ред. А. В. Постникова, П. Д. Попова. М., МСХ, 1978.
2. Высоцкий К. Л. Сравнительная аналитическая характеристика целинных и пахотных подзолистых почв на покровных суглинках Архангельской области. — Докл. ТСХА, 1978, вып. 233, с. 48—52.
3. Геммерлинг В. В. Некоторые данные для характеристики подзолистых почв. — Русский почвовед, 1922, № 4—5, с. 20—27.
4. Глазовская М. А. Факторы дифференциации профиля суглинистых дерново-подзолистых почв. — Тр. X Междунар. конгр. почвоведов. Т. 6, ч. 1. М., «Наука», 1974, с. 102—110.
5. Дмитренко П. А. Фосфатный режим почв УССР и приемы его улучшения. — Автореф. докт. дис. М., 1953.
6. Кауричев И. С., Ли Чан-вей. О природе закрепления фосфат-ионов в дерново-подзолистых почвах при явлениях временного переувлажнения. — Изв. ТСХА, 1960, вып. 3, с. 109—120.
7. Кауричев И. С. Особенности генезиса почв временного избыточного увлажнения. — Автореф. докт. дис. М., 1965.
8. Кашанский А. Д., Высоцкий К. Л. Особенности распределения Mn—Fe новообразований в связи с локальной неоднородностью горизонтов подзолистых почв. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 4, с. 108—115.
9. Модестов А. П. Правда о корнях. М., «Сельхозгиз», 1932.
10. Морозов С. С. Некоторые данные для характеристики корочек иллювиального горизонта подзолистых почв. — Почвоведение, 1938, № 3, с. 436—443.
11. Оглезнев А. К. Диагностическое значение ила корочек и почвы в связи с оценкой подзоло- и глееобразования. — Почвоведение, 1971, № 12, с. 12—23.
12. Русанова Г. В. Особенности распределения и химизма глинистых натек подзолистых почв в связи с их генезисом. — Почвоведение, 1976, № 3, с. 120—130.
13. Станков Н. З. Корневая система полевых культур. М., «Наука», 1964.
14. Таргульян В. О., Соколова Т. А., Бирин А. Г., Куликов А. В., Целищева Л. К. Организация, состав и генезис дерново-палево-подзолистой почвы на покровных суглинках. — Выпуск к X Междунар. конгр. почвоведов. М., 1974.
15. Шоба В. Н. Процессы миграции и ак-

- кумуляции продуктов почвообразования в дерново-глубокоподзолистых поверхностно-оглеенных почвах Салаира. — Автореф. канд. дис. Новосибирск, 1978. — 16. Ярко́в С. П. К вопросу образования трудно-растворимых фосфатов в почве. Докл. ТСХА, 1949, вып. 9, с. 73—80. — 17. Buol S. W., Hole F. D. — Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1959, vol. 23, p. 239—241. — 18. Khalita E. M., Buol S. W. — Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1969, vol. 33, p. 102—105. — 19. Mick A. H. — Mich. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull., 1949, N 212, p. 38. — 20. Soileau J. S., Jackson W. A., McCracken R. J. — J. Soil Sci., 1964, vol. 97, p. 117—123. — 21. Thorp J., Strong L. E., Gamble E. — Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1957, vol. 21, p. 99—102.

Статья поступила 3 января 1979 г.

SUMMARY

It has been found that gross phosphorus and potassium and their mobile forms are non-uniformly distributed in mesostructural components of virgin and arable podzolic soils of medium-taiga subzone of Arkhangelsk region; the interconnection between some characteristics of soil composition (the amount of silt, gross and mobile R_2O_3) with the distribution of the elements mentioned above has been established.