

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОНИТОРИНГА ПАХОТНЫХ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ФОСФОРА И ОБМЕННОГО КАЛИЯ**

*В статье рассматриваются вопросы состояния пахотных почв Красноярского края, а также методы анализа подвижных форм фосфора и калия. По мнению авторов, существующие критерии оценки почв по содержанию подвижного фосфора и обменного калия необходимо корректировать в каждом природном округе с обязательным определением группового состава фосфатов и проведением диагностических опытов.*

**Ключевые слова:** пахотные почвы, природный округ, подвижный фосфор, обменный калий, диагностический опыт, Красноярский край.

*Yu.P. Tandelov, L.M. Kuznetsova*

**CURRENT CONDITION OF THE ARABLE SOIL MONITORING IN KRASNOYARSK REGION AND THE TECHNIQUES FOR ANALYSIS OF THE MOBILE FORMS OF PHOSPHORUS AND EXCHANGE POTASSIUM**

*The issues of the arable soil condition in Krasnoyarsk region and the techniques for analysis of the mobile forms of phosphorus and potassium are considered in the article. According to the authors' point of view, the existing criteria for soil assessment according to the availability of mobile phosphorus and exchange potassium are necessary to be corrected in each natural district with obligatory determination of phosphates group composition and diagnostic test conduction.*

**Key words:** arable soils, natural district, mobile phosphorus, exchange potassium, diagnostic test, Krasnoyarsk region.

Характерными особенностями почвенного покрова Красноярского края являются высокая комплексность, наличие вертикальной и горизонтальной зональности. В результате этого в пределах одного и того же хозяйства очень часто встречаются как кислые почвы, так и нейтральные, карбонатные, поверхностно вскипающие черноземы, что создает определенные трудности при выборе метода определения подвижного фосфора и обменного калия. Согласно [6], в этом случае приходится пользоваться двумя, а иногда и тремя методами, что в целом осложняет проведение агрохимического мониторинга, снижает качество проводимых работ.

В последнее время возникла еще одна проблема – увеличение площади вскипающих с поверхности черноземных почв. Так, в Канском районе между двумя турами агрохимического обследования площадь вскипающих от 10% HCl черноземов увеличилась на 25%, а в некоторых хозяйствах Ужурского района – до 40%. Это, во-первых, связано с тем, что при вспашке маломощных черноземов на поверхность выплывают нижележащие карбонатные горизонты, во-вторых, с развитием ветровой эрозии почв, когда пахотный горизонт сносится до карбонатного слоя. Поэтому иногда приходится изменять определение фосфора и калия методом Чирикова в предыдущем туре на метод Мачигина в последующем, что при статистической отчетности приводит к увеличению площадей с более высоким содержанием фосфатов.

Эффективное плодородие почв в отношении фосфатов и калия определяется запасом подвижного фосфора и обменного калия. Для их извлечения используют кислотные, щелочные, буферные и другие экстрагенты.

Исследованиями К.Е. Гинзбург [1] установлено, что переход в раствор фосфора из разноосновных фосфатов калия и полутораокисей имеет два максимума: при pH < 5,5–5,0 и pH около 9,0–11,0. Этот факт предполагает возможность использования на различных типах почв в равной степени как кислотных, так и щелочных вытяжек, но вследствие ряда специфических условий (содержание карбонатов, гумусовых веществ и др.) практически не получается.

Рядом авторов были предложены совершенно определенные вытяжки в зависимости от типов, подтипов и видов почв. Так, согласно данным Д.М. Хейфец [5], на кислых подзолистых почвах и черноземах следует использовать слабую кислоту, на сероземах и карбонатных черноземах – слабощелочные экстрагенты.

По данным А.В. Петербургского [3], извлечение фосфатов из карбонатных почв уксусной кислотой неприемлемо. Это связано с тем, что при высоком содержании карбонатов часть кислоты расходуется на их нейтрализацию, в результате чего растворимые почвенные фосфаты полностью не извлекаются. При раз-

ном содержании карбонатов извлечение подвижного фосфора будет происходить при разной степени кислотности и содержания ионов Са в равновесном растворе. Поэтому полученные данные, как подчеркивает автор, будут несопоставимы между собой. Кроме того, при применении кислотных вытяжек на карбонатных почвах с невысоким содержанием в них карбонатов кислота может растворять и значительную часть трудно-растворимых соединений фосфатов кальция, магния, практически не доступных растениям. Такой же точки зрения придерживаются А.С. Радов и другие [7].

По данным вышеназванных авторов, нельзя использовать слабокислые экстрагенты для извлечения подвижных фосфатов из карбонатных почв при высоком содержании карбонатов (20–30% и выше от веса почвы), насыщенности поглощенного комплекса ионами кальция, высокой буферности, слабощелочной или щелочной реакции и высоком содержании обменного фосфора.

В связи с этим большинство исследователей приходят к выводу, что для определения подвижного фосфора в карбонатных почвах надо использовать щелочную вытяжку. Однако ее применение усложняет ход анализа и снижает точность работ по той причине, что в нее переходят гумусовые вещества, окрашивающие вытяжку в темно-бурый цвет, от которого при колориметрических методах следует освободиться, что технически не так просто.

В Центральном научно-исследовательском институте агрохимического обслуживания (ЦИНАО) были стандартизированы методы определения подвижного фосфора и обменного калия:

- метод Кирсанова – для подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных и других почв лесной зоны – извлечение 0,2 моль/дм<sup>3</sup> HCl;
- метод Чирикова – для черноземов, серых лесных и других почв степной и лесостепной зон – извлечение 0,5 моль/дм<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>COOH;
- метод Мачигина – для сероземов, серо-бурых, бурых, каштановых и черноземов пустынной, полупустынной, сухостепной и степной зон, карбонатных почв других зон – извлечение углекислым аммонием концентрации 0,2 моль/дм<sup>3</sup> с pH 9,0.

В настоящее время эти методы приняты при проведении агрохимического мониторинга в Красноярском крае, который отличается большим разнообразием природных условий, в частности, различным почвенным покровом. Основную часть пашни занимают черноземы (70%), среди которых преобладают выщелоченные разновидности. Третью часть занимают кислые почвы, среди которых наибольшее распространение имеют серые лесные и дерново-подзолистые.

Применение разных методов в одном хозяйстве не позволяет объективно подойти к оценке плодородия почв и его изменению во времени, так как содержание подвижного фосфора и калия, определенного разными методами, не коррелирует между собой из-за того, что метод Мачигина в условиях Красноярского края не изучался в диагностических опытах, зональные градации не разработаны и в практике используются придержки для сероземов.

В связи с этим возникает вопросы: каким же методом определять подвижный фосфор и обменный калий в данных условиях? Возможно ли унифицировать единый метод для нейтральных и карбонатных черноземов?

Для их изучения были проанализированы образцы почв с пахотного горизонта обыкновенных черноземов Чулымо-Енисейского и Канского природных округов, вскипающих с поверхности. В отобранных образцах определились рН<sub>сол.</sub>, CO<sub>2</sub> карбонатов, подвижный фосфор и обменный калий по методу Чирикова с предварительной нейтрализацией карбонатов и без нейтрализации. Анализы образцов из Чулымо-Енисейского природного округа выполнены специалистами ФГУ ГЦАС «Красноярский», Канского – ФГУ ГСАС «Солянская».

Результаты анализов показали, что содержание CO<sub>2</sub> карбонатов находится в пределах 2,8–4,3% в почвах Чулымо-Енисейского округа и 6,2–8,0% – Канского. К сожалению, по данному вопросу в литературе нами не найдены четко установленные градации. Однако по информации А.С. Радова [7] высокое содержание карбонатов считается при 20–30% CO<sub>2</sub> и выше. То же самое отмечает Д.М. Хейфец [5]. Из опубликованных данных агрохимических исследований [1–2] известно, при содержании CO<sub>2</sub> карбонатов с 7 до 15% разрушение их проводят 0,02 н HCl: при уровне 16–18% для их разрушения используют более крепкие растворы (0,1 н HCl), при очень высоких количествах CO<sub>2</sub> (более 18–20%) – 0,2 н HCl. Низким следует считать содержание карбонатов до 15%. Основываясь на литературных данных, можно констатировать, что степень карбонатности наших почв низкая.

Полученные данные содержания подвижного фосфора были сгруппированы нами в зависимости от значения рН. Анализ результатов образцов Чулымо-Енисейского природного округа показал, что предварительная нейтрализация вскипающих навесок не повлияла на количество извлекаемого подвижного фосфора и обменного калия независимо от значения рН и степени карбонатности почв. Так, при рН 7,0–7,2 и содер-

жании  $\text{CO}_2$  карбонатов 2,8% от веса почвы среднее содержание подвижного фосфора (из 67 образцов) составляет при нейтрализации 126, без нейтрализации – 126 мг/кг. Максимальное количество его при нейтрализации составляло 331, без нейтрализации – 346 мг/кг, минимальное соответственно 55 и 40 мг/кг.

В группе образцов, где  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  равнялось 7,3–7,5,  $\text{CO}_2$  карбонатов – 4,3% от веса почв, среднее содержание подвижного фосфора (из 18 образцов) с нейтрализацией составило 161, без нейтрализации – 160 мг/кг. Максимальное содержание соответственно 284–302, минимальное – 64 и 46 мг/кг. Таким образом, в обоих случаях полученные результаты находятся в пределах ошибки эксперимента (табл. 1). Такая же закономерность наблюдается в показателях по содержанию обменного калия.

Аналогичные данные получены в Канском природном округе на маломощных обыкновенных черноземах (табл. 2). Отобранные здесь образцы сгруппированы в три группы: с  $\text{pH}$  до 6,9,  $\text{pH}$  7,0–7,2 и  $\text{pH}$  7,3–7,5. Полученные результаты показывают, что так же, как и при определении фосфора и калия в образцах из Чулымо-Енисейского природного округа, предварительная нейтрализация не повлияла на извлечение этих элементов.

Таблица 1

**Влияние предварительной нейтрализации карбонатных почв Чулымо-Енисейского природного округа на извлечение подвижного фосфора и обменного калия**

Количество образцов	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	Содержание подвижного фосфора по Чирикову, мг/кг		Содержание обменного калия по Чирикову, мг/кг		$\text{CO}_2$ карбонатов, %
		с нейтрализацией 10% уксусной кислотой	без нейтрализации	с нейтрализацией 10% уксусной кислотой	без нейтрализации	
67 min max	7,0–7,2	126	126	188	187	2,8
		55	40	104	107	1,5
		331	346	391	386	8,7
18 min max	7,3–7,5	161	160	202	193	,3
	7,3–7,5	64	46	106	96	2,5
		284	302	279	289	7,9

Таблица 2

**Влияние предварительной нейтрализации карбонатных почв Канского природного округа на извлечение подвижного фосфора и обменного калия**

Количество образцов	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	Содержание подвижного фосфора по Чирикову, мг/кг		Содержание обменного калия по Чирикову, мг/кг		$\text{CO}_2$ карбонатов, %
		с нейтрализацией 10% уксусной кислотой	без нейтрализации	с нейтрализацией 10% уксусной кислотой	без нейтрализации	
20 min max	6,4-6,9	211	191	96	158	6,2
	6,4	138	122	76	78	4,6
	7,0	308	315	139	14211	7,3
19 min max	7,1	280	278	110	110	6,4
	7,1	126	134	55	55	4,8
	7,2	405	426	287	289	8,6
11 min max	7,5	147	151	113	115	8,0
	7,3	94	97	56	55	5,3
	7,5	230	250	343	367	9,9

Это связано с условиями проведения анализа карбонатных почв по методу Чирикова: часовое взбалтывание и длительный отстой способствуют созданию буферности растворителя за счет образования уксусного кальция, в результате чего концентрация уксусной кислоты в вытяжке не изменяется, что видно из данных таблицы 3.

Все вышесказанное дает основание полагать, что применение в качестве экстрагента раствора уксусной кислоты с концентрацией 0,5 моль/дм<sup>3</sup> при определении подвижного фосфора и обменного калия (метод Чирикова) возможно не только на нейтральных почвах, но и на карбонатных черноземах с невысоким содержанием в них карбонатов.

Неоднородность состава фосфатного фонда в Красноярском крае сильно отражается на точности существующих градаций. В разных природных округах количество высокоосновных фосфатов (Са-Р<sub>III</sub>) разное. Например, в Минусинском оно составляет 19–20%, Ачинско-Боготольском – 6–8, в Красноярском – 12% от общего фосфора. При взаимодействии 0,5 М раствора уксусной кислоты с почвой часть недоступных растениям высокоосновных фосфатов кальция переходит в раствор, при этом, чем больше их в почве, тем интенсивнее проявляется этот процесс. Установлено, что в наших условиях увеличение количества Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> на 1 мг в форме Са-Р<sub>III</sub> влечет за собой повышение количества растворимых фосфатов по методу Чирикова на 0,5–0,6 мг, что является основной причиной, влияющей на достоверность существующих градаций.

Таблица 3

**Изменение концентрации уксусной кислоты после взаимодействия с навеской карбонатных почв**

рН <sub>KCl</sub>	Количество образцов	Без нейтрализации		С нейтрализацией	
		Концентрация уксусной кислоты исходная	Концентрация уксусной кислоты в фильтрате	Концентрация уксусной кислоты исходная	Концентрация уксусной кислоты в фильтрате
		моль/дм <sup>3</sup>			
6,0	10	0,50	0,50	0,50	0,52
6,2–6,8	10	0,50	0,49	0,50	0,52
7,0–7,4	10	0,50	0,49	0,50	0,52

По этой причине в Минусинском природном округе при содержании Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> по Чирикову 150–170 мг/кг почвы действие суперфосфата на урожай культур было высокое, тогда как в Боготольском природном округе при концентрации Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> 100 мг/кг прибавки от фосфорных удобрений или отсутствовали, или были незначительные. В связи с этим существующие критерии оценки почв по содержанию подвижного фосфора и обменного калия необходимо корректировать в каждом природном округе с обязательным определением группового состава фосфатов и проведением диагностических опытов.

Таким образом, следует отметить, что на карбонатных черноземах с невысоким содержанием карбонатов уксусная кислота концентрации 0,5 моль/дм<sup>3</sup> с предварительной нейтрализацией и без нейтрализации карбонатов извлекает одинаковое количество подвижного фосфора и обменного калия.

Для определения подвижного фосфора и обменного калия в пахотных горизонтах всех подтипов черноземов, в том числе и карбонатных с небольшим содержанием карбонатов, метод Чирикова является уникальным.

Для корректировки градаций по содержанию подвижного фосфора, обменного калия во всех природных округах края необходимо проводить диагностические опыты.

**Литература**

1. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1965. – 436 с.
2. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 654 с.
3. Петербургский А.В. Практикум по агрохимической химии. – М.: Изд-во с.-х. лит-ры, 1963. – 590 с.
4. Гинсбург К.Е. Методы определения фосфора в почве // Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 106 с.

5. Хейфец Д.М. Определение подвижных соединений фосфора в карбонатных почвах // Агрохимические методы исследования почв. – М., 1965. – 123 с.
6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М., 2003. – 194 с.
7. Определение в почве количества доступного растениям фосфора / А.О. Радов [и др.]// Практикум по агрохимии. – М.: Колос, 1965. – С. 163–193.



УДК 631.4

О.А. Ульянова, Ю.П. Ковалева

### ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЙ

*В работе представлены результаты исследования по влиянию удобрений на интенсивность процесса трансформации органического вещества чернозема обыкновенного.*

*Показано, что внесение вермикомпоста в почву способствует повышению в 3-4 раза продуцирование CO<sub>2</sub> по сравнению с контрольным вариантом в зависимости от дозы внесения удобрений. Выявлено достоверное увеличение содержания C<sub>гум</sub> в почве при использовании вермикомпоста в дозе эквивалентной N120. Применение только минеральных удобрений приводит к деструктивным изменениям устойчивых форм гумуса.*

**Ключевые слова:** органическое вещество, трансформация, минерализация, гумификация, вермикомпост, минеральные удобрения, подвижные гумусовые вещества.

О.А. Ulyanova, Yu.P. Kovalyova

### TRANSFORMATION OF THE ORDINARY CHERNOZEM ORGANIC MATTER UNDER THE INFLUENCE OF FERTILIZERS

*The research results on fertilizer influence on the intensity of ordinary chernozem organic matter transformation process are given in the article. It is shown that vermicompost adding into soil increases CO<sub>2</sub> release in 3-4 times compared to control variant, depending on fertilizer dose. Reliable increase of C<sub>hum</sub> availability in soil when using vermicompost dose which is equivalent to N120 is revealed. The use of mineral fertilizers alone leads to destructive changes of humus sustainable forms.*

**Key words:** organic matter, transformation, mineralization, humification, vermicompost, mineral fertilizers, mobile humus substances.

**Введение.** Трансформация органического вещества почв определяется соотношением процессов минерализации и гумификации. Характерным индикатором агрогенных воздействий на почву является ее гумусное состояние, способное адекватно трансформироваться при изменении условий гумификации [13, 14]. Содержание трансформируемого органического вещества используется в качестве критерия для оценки эффективного плодородия почвы и агрономических качеств гумуса [5–12].

**Цель работы** состояла в изучении особенностей трансформации органического вещества чернозема обыкновенного под действием удобрений.

**Методы исследований.** Исследование проведено в 2010–2011 годах в зерновом севообороте в условиях полевого стационара «Заря», расположенного в Красноярской лесостепи. На этой территории в среднем выпадает 350–450 мм осадков в год [2]. Среднегодовая температура воздуха ниже 0 °С (до – 2 °С). По данным государственной метеослужбы, в Емельяновском районе накапливается 1500–1800 активных температур. Продолжительность периода биологической активности варьирует в пределах 90–115 дней. Почвы промерзают на глубину 1,5–3,0 м.

**Объекты исследований** – почва чернозем обыкновенный среднесуглинистый и яровая пшеница сорт Новосибирская 15.