

УДК 631.4

## **ВЛИЯНИЕ ДИАТОМИТА НА ПОДВИЖНОСТЬ И ДОСТУПНОСТЬ РАСТЕНИЯМ ФОСФОРА**

*Бочарникова Е.А., кандидат биологических наук.  
ИФПБ РАН, e-mail: mswk@rambler.ru*

**Ключевые слова:** диатомит, известь, фосфор, вынос, биодоступность.

*Снижение выноса фосфора (P) из сельскохозяйственных почв является важной экологической и экономической задачей. Использование извести позволяет резко уменьшить вынос P, однако, содержание доступного P в пахотном слое также снижается, что негативно влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур. В вегетационном эксперименте изучено влияние извести и диатомита на подвижность P в дерново-подзолистой почве и аккумуляцию растениями ячменя. Показано, что применение диатомита обеспечивает снижение выноса P и одновременное увеличение в почве его кислоторастворимых форм. Высказано предположение, что действие диатомита связано с образованием кремниевой кислоты. Анион кремниевой кислоты может замещать фосфат-анион в труднорастворимых почвенных фосфатах, тем самым повышая доступность P для растений. Кроме того, кремниевая кислота способна сорбироваться на поверхности почвенных частиц, что приводит к увеличению сорбционной способности почвы, в том числе, по отношению к соединениям фосфора.*

**Введение.** Загрязнение природных вод фосфором инициирует процессы эвтрофикации, что приводит к ухудшению санитарно-гигиенического качества воды, гибели многих видов флоры и фауны (1). Одним из основных источников избыточного поступления в водоемы фосфора является вынос минеральных удобрений из легких почв. Снижение выноса фосфора и других питательных элементов из сельскохозяйственных почв представляет важную экологическую задачу. Распространенным приемом, используемым для снижения выноса фосфора из легких почв, является внесение извести или доломитов. При этом кальций или магний реагируют с фосфат-анионами с образованием труднорастворимых фосфатов (2). Существенными недостатками данной технологии служат ухудшение питания растений фосфором, необходимость увели-

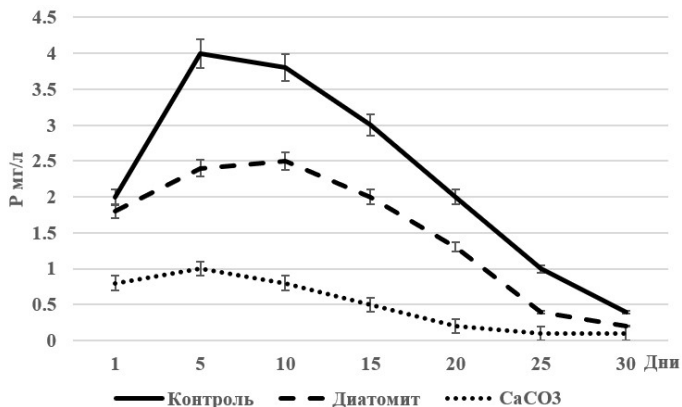
чения доз фосфорных удобрений, что негативно сказывается на доходности фермерских хозяйств (3).

Многочисленные исследования показали, что внесение в почву кремнийсодержащих соединений может значительно повысить содержание биодоступного фосфора (4; 5). В основе действия кремнийсодержащих соединений лежит реакция замещения фосфат-аниона силикат-анионом в труднорастворимых соединениях кальция, магния, железа и алюминия (2; 6). Кроме того, кремнийсодержащие соединения увеличивают адсорбционные свойства почв (7). Это связано со способностью кремниевой кислоты, образующейся при растворении кремнийсодержащих соединений, сорбироваться на поверхности почвенных частиц, тем самым меняя их поверхностные свойства (8).

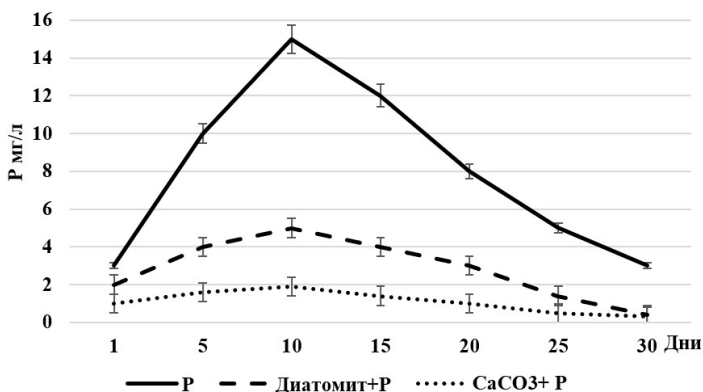
Основной целью исследований было определение влияния диатомита и извести на подвижность и доступность растениям фосфора в супесчаной дерново-подзолистой почве при избыточном увлажнении в условиях вегетационного эксперимента.

**Материалы и методы исследований.** В вегетационном эксперименте на дерново-подзолистой почве (45% песка, pH=5.4,  $C_{\text{орг}}=1.3\%$ , СЕС=6.8, общий фосфор P=1,285 г/кг почв) выращивали ячмень (*Hordeum vulgare L.*). В 1-литровые пластиковые сосуды помещали по 1 кг почвы, до посадки семян вносили двойной суперфосфат (P) (Фаско, Россия) в дозе 0,3 г на сосуд, диатомит (DIAMIX, Россия) в дозе 1 г на сосуд и известь гашеную ( $\text{CaCO}_3$ ) (Гермес, Россия) в дозе 1 г на сосуд. Схема эксперимента была следующей: 1) контроль, 2) P, 3) диатомит, 4) диатомит+P, 5)  $\text{CaCO}_3$  и 6)  $\text{CaCO}_3$ +P. В каждый сосуд сажали по 10 семян ячменя. В течение месяца проводили полив дистиллированной водой из расчёта 100 мл на сосуд, что позволяло собирать вытекающий раствор и анализировать на содержание водорастворимого фосфора раз в 5 дней. Растения выращивали при температуре +20-24°C, влажности воздуха 70-85% и естественном освещении (эксперимент проводили в июне). Затем определяли биомассу надземной и подземной частей растений и общее содержание фосфора. Также отбирали образцы почв и анализировали на содержание кислоторастворимого фосфора (0,1 п HCl) и pH. Исследования проводили в трехкратной повторности.

**Результаты исследований и обсуждение.** Вынос фосфора из почвы показан на рисунках 1 и 2. Внесение в почву диатомита Поскольку в эксперименте была использована сельскохозяйственная почва с довольно высоким содержанием фосфора, то и в контрольных вариантах его вынос был значительным. Концентрация фосфора в вытекающих раство-



**Рисунок 1 – Вынос фосфора из дерново-подзолистой почвы в отсутствие двойного суперфосфата**



**Рисунок 2 – Вынос фосфора из дерново-подзолистой почвы при внесении двойного суперфосфата (P)**

рах составляла от 0,4 до 4,0 мг/л. В вариантах с внесением двойного суперфосфата вынос фосфора из почвы был в 1,5-7,5 раза выше по сравнению с контрольными вариантами. Внесение в почву диатомита либо извести существенно снизило вынос фосфора как из контрольных вариантов, так и вариантов с внесением двойного суперфосфата. При этом

применение извести обеспечило в 2-6,5 раза меньшее количество выносимого из почвы фосфора по сравнению с вариантами с диатомитом.

Биомасса надземной и подземной частей ячменя и общее содержание в них фосфора показано в таблице 1. Как видно из полученных результатов, внесение диатомита существенно повысило биомассу ячменя, содержание фосфора в корнях и листьях растений, а также содержание кислоторастворимого фосфора в почве. Это можно объяснить трансформацией труднорастворимого фосфора в растворимую форму при воздействии образованной при растворении диатомита монокремниевой кислоты. Внесение извести негативно влияло на рост ячменя, что, возможно, связано со снижением доступности фосфора в почве.

**Таблица 1 – Вес сухих растений ячменя, содержание фосфора в корнях и листьях, содержание доступного для растений фосфора в почве и pH почвы**

Вариант	Растения				Почва	
	сухой вес, мг/растение		P, %		кислоторастворимый P	pH <sub>KCl</sub>
	корни	листья	корни	листья		
Контроль	1.11	1.18	1.42	0.83	32.4	5.4
P	1.68	1.48	1.68	1.03	69.7	5.3
Диатомит	1.45	1.39	1.55	0.94	45.8	5.9
Диатомит + P	1.87	1.69	1.72	1.19	72.5	5.9
CaCO <sub>3</sub>	1.02	1.02	1.04	0.75	22.7	6.4
CaCO <sub>3</sub> +P	1.24	1.21	1.24	0.82	38.7	6.2
HCP <sub>05</sub>	0.12	0.14	0.16	0.09	2.5	0.1

Внесение двойного суперфосфата значительно повысило биомассу растений, общее содержание фосфора в корнях и листьях и содержание кислоторастворимого фосфора в почве. Применение двойного суперфосфата совместно с диатомитом обеспечило увеличение данных показателей как по сравнению с контролем, так и с внесением только двойного суперфосфата. Использование извести при внесении двойного суперфосфата привело к снижению биомассы растений, а также кислоторастворимых форм фосфора.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что использование диатомита или извести существенно снижает вынос фосфора из супесчаной дерново-подзолистой почвы. Однако внесение извести негативно влияло на биомассу ячменя, а также на поступление P в корни и листья растений. Внесение диатомита без применения фосфорного удобрения существенно повысило в почве содержание кислоторастворимого фосфора, что приводило к увеличению общего содержания P в корнях и листьях ячменя. Предполагается, что продукт растворения диатомита – монокремниевая кислота способствует усилению физической адсорбции фосфора, что обеспечивает снижение его выноса из почвы, и одновременно участвует в процессе трансформации труднорастворимых почвенных фосфатов в доступные для растений формы P.

*Библиографический список:*

1. Paerl H.W., et.al. Mitigating eutrophication and toxic cyanobacterial blooms in large lakes: The evolution of a dual nutrient (N and P) reduction paradigm // *Hydrobiologia*. 2020, V. 847(21), 3. 4359-4375.
2. Nascimento C.A., et al. Phosphorus mobility and behavior in soils treated with calcium, ammonium, and magnesium phosphates // *Soil Science Society of America Journal*. 2018. V. 82(3). P. 622-631.
3. Paradelo R., et al. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: a review // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. V. 202. P. 98-107.
4. Kostic L., et al. Silicon increases phosphorus (P) uptake by wheat under low P acid soil conditions // *Plant and Soil*. 2017. V. 419(1), P. 447-455.
5. Soratto R.P., et al. Phosphorus and silicon effects on growth, yield, and phosphorus forms in potato plants // *Journal of Plant Nutrition*. 2019. V. 42(3). P. 218-233.
6. Матыченков И.В., Пахненко Е.П. Изменение содержания подвижных фосфатов почвы при внесении активных форм кремния // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013. №3(23). С. 24-28.
7. Matichenkov V., et al. Reduction in nutrient leaching from sandy soils by Si-rich materials: Laboratory, greenhouse and filed studies // *Soil and Tillage Research*. 2020. T. 196. P. 104450.
8. Peng H., et al. As and Cd sorption on selected Si-rich substances // *Water, Air, & Soil Pollution*. 2017. V. 228(8). P.1-11.

## INFLUENCE OF DIATOMITE ON MOBILITY AND PLANT-AVAILABILITY OF PHOSPHOROUS

**Bocharnikova E. A.**

**Key words:** diatomite, lime, phosphorous, leaching, bioavailability.

*To reduce phosphorous (P) leaching from agricultural soils is important ecological and economical problem. Lime application allows P leaching to be significantly reduced, but results in decreasing plant-available P in plough layer, thus detrimentally affecting the crop yield. In greenhouse pot experiment, the effect of lime and diatomite on P leaching from soddy-podzolic soil and uptake by barley was studied. Diatomite was shown to provide reducing P leaching while simultaneously increasing its acid-extractable forms. The diatomite-mediated effect is supposed to rely on the formation of silicic acid. Silicate-anion is able to replace phosphate-anion in slightly soluble soil phosphates, thereby increasing the plant-availability. Silicic acid also can be adsorbed on the surface of soil particles leading to enhanced soil adsorption capacity for P compounds.*