УДК 631.811 DOI: 10.25680/S19948603.2026.151.08

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ КРЕМНИЯ В ПОЧВЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ УДОБРЕНИЙ

Ю.Д. Смирнова, к.б.н., Т.С. Зинковская, к.с.-х.н.,
Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
119017, Москва, Пыжевский пер., д.7, стр. 2, E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Представлены результаты трехлетних исследований по изучению динамики содержания моно- и поликремниевых кислот в дерново-подзолистой почве при внесении различных удобрений. Установлено, что внесение кремнийорганического удобрения (КМН-Si) *и его сочетания с минеральным удобрением (*КМН-Si + NPK*) обеспечивало максимальное накопление подвижных форм кремния в почве и повышало урожайность яровой пшеницы на 5-12 % в зависимости от года исследования по сравнению с соответствующим вариантом без* Si. *Выявлено влияние режима влажности почвы на динамику моно- и поликремниевых кислот. В годы с повышенным увлажнением (*ГТК *1,43) отмечено снижение монокремниевых кислот. Поддержание оптимальной влажности (70 %* ПВ*) способствовало повышению поликремниевых кислот в почве. Кластерный анализ подтвердил эффективность органоминеральной системы с кремнием для оптимизации кремниевого режима почвы, а также то, что внесение минеральных и органических удобрений стимулирует образование монокремниевых кислот.*

Ключевые слова: яровая пшеница, монокремниевые и поликремниевые кислоты, влажность, урожайность, кластерный анализ.

Для цитирования: *Смирнова Ю.Д., Зинковская Т.С.* Динамика содержания кремния в почве при внесении различных удобрений// Плодородие. – 2026. – №4. – С. 45-49. DOI: 10.25680/S19948603.2026.151.08.

За последние два десятилетия российскими и зарубежными исследователями показано положительное влияние кремния на произрастание сельскохозяйственных культур. В научной литературе представлены данные по повышению устойчивости к абиотическим (засуха, засоление, высокие температуры) и биотическим (грибные и бактериальные болезни, насекомые-вредители) стрессорам при применении различных источников кремния. Установлено, что при этом также улучшается механическая прочность стеблей, снижается полегаемость зерновых культур [4-6].

Кроме того, соединения кремния способствуют оптимизации физико-химических свойств почвы, увеличивают доступность фосфора и калия для растений и снижают поступление тяжелых металлов в продукцию [3, 7].

Ежегодный вынос кремния с урожаем составляет от 20 до 700 кг/га. Основными источниками кремния являются отходы растениеводства (солома, стерня, зола, шелуха риса), кремнийсодержащие мелиоранты и агрохимикаты (диатомиты, трепелы, опоки, силикаты кальция и натрия), отходы промышленности (металлургические шлаки, зола бурых углей, цементная пыль, фосфогипс). Также на рынке минеральных удобрений существуют комплексные удобрения с кремнием, например, азофоска (N:P:K:Si = 10:3:3:13) или капсулированный силикатом натрия суперфосфат. Ассортимент регуляторов роста широко представлен препаратами, содержащими различные формы кремния – Апасил, Мивал-Агро, НаноКремний, ДиаГум, Келик Калий-Кремний и др. [2, 4, 9].

Природным источником поступления кремния в почву являются атмосферные осадки, закономерности его формирования подробно рассмотрены на примере фоновых территорий Валдайского национального парка; показано, что его содержание колеблется в них от 0,5 до 5 мг/л [1]. Однако, осадки способствуют активному вымыванию элемента из пахотного слоя почвы, особенно легкого гранулометрического состава; подобные исследования проведены в Республике Беларусь [12].

Важно отметить, что различные удобрения неодинаково влияют на динамику содержания валового и подвижных форм кремния в почве. Установлено, что применение минеральных удобрений может стимулировать образование доступных растениям соединений кремния [11], тогда как внесение высококремнистых пород оказывает пролонгированное положительное действие на кремниевый режим почв в течение нескольких лет [6]. Однако многие вопросы, касающиеся закономерностей трансформации соединений кремния при совместном и раздельном внесении органических, минеральных и кремнийсодержащих удобрений, а также влияния этих процессов на почвенное плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур, остаются недостаточно изученными.

Цель исследований – изучить динамику содержания форм кремния в почве при применении различных удобрений.

Методика. Исследования проводили в 2022-2024 г. на агрополигоне Губино (Тверская обл.). Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, со следующей агрохимической характеристикой: $pH_{сол.}$ 6,0, P_2O_5 – 220 мг/кг, K_2O – 100 мг/кг (по Кирсанову). Удобрения вносили в год закладки опыта. В качестве органического удобрения использовали компост многоцелевого назначения (КМН) и обогащенный кремнием (КМН-Si) в дозе 10 т/га. В качестве источника кремния применяли метасиликат натрия в дозе 1 % по SiO_2. Доза минерального удобрения – $N_{60}P_{30}K_{60}$, органоминеральные варианты состояли из смесей – КМН (10 т/га) + $N_{60}P_{30}K_{60}$ и КМН-Si (10 т/га) + $N_{60}P_{30}K_{60}$. Исследования проводили в полевых условиях во вкопанных сосудах площадью 0,5 м^2, при естественном и регулируемом (поддержание 70 % ПВ) режимах увлажнения, повторность трехкратная. Культура – яровая пшеница сорта Злата. Для сокращения негативного влияния монопосевов на распространение болезней, после уборки основной культуры проводили посев горчицы на сидерат.

Содержание моно- и поликремниевых кислот определяли спектрофотометрическим методом с экстракцией по Маллену и Райли в модификации Матыченкова [13]. Выделение монокремниевых кислот проводили из почвы естественной влажности водой, поликремниевых – из воздушно-сухой почвы 0,1 н. соляной кислотой.

Для статистической обработки данных использовали кластерный анализ методом Варда (мерой сходства служил квадрат евклидова расстояния) с помощью STATGRAPHICS Centurion XVI.II, наименьшую существенную разность ($НСР_{05}$) рассчитывали по методу дисперсионного анализа Б.А. Доспехова.

Результаты и их обсуждение. Годы исследований несколько различались по метеорологическим условиям – вегетационные периоды 2022 и 2024 г. характеризовались как недостаточно влажные, ГТК = 1,28 и 1,03 соответственно, а 2023 г. – оптимальный по влажности, ГТК = 1,42. Несмотря на повышенный ГТК, в 2023 г. проводили дополнительный полив посевов из-за неравномерности выпадения осадков в течение вегетационного периода.

В первый год внесения кремнийорганического удобрения (2022 г.) наблюдается увеличение содержания соединений кремния к концу вегетации яровой пшеницы. Тогда как в других вариантах отмечали снижение содержания поликремниевых кислот, что связано как с выносом элементов питания с урожаем, так и с переходом в монокремниевые кислоты.

Анализ динамики содержания моно- и поликремниевых кислот в почве показал, что погодные условия влияют на подвижные формы кремния (монокремниевые кислоты). Во влажном 2023 г. наблюдалось наименьшее содержание монокремниевых кислот (см. табл. 1) после уборки пшеницы по сравнению с 2022 и 2024 г., тогда как поликремниевые (см. табл. 2) остаются стабильными или немного растут в условиях поддержания оптимальной влажности (70 % ПВ) к уборке в сравнении с их содержанием до посева. Видимо, из-за высокой подвижности, монокислоты вымываются из пахотного слоя в нижележащие слои с атмосферными осадками, а поликремниевые удерживаются в почве.

1. Динамика содержания монокремниевых кислот в почве, мг/кг почвы

Вариант	2022 г. ГТК 1,28		2023 г. ГТК 1,42		2024 г. ГТК 1,03		Mean ± SD	Коэф. вариации, %
	перед посевом	после уборки	перед посевом	после уборки	перед посевом	после уборки		
Естественные условия								
Контроль (б/у)	12,71	22,18	11,56	12,02	12,79	12,30	14,26±4,43	31,1
КМН	13,56	26,61	13,01	13,52	23,53	18,09	18,05±6,20	34,3
NPK	7,42	23,40	12,34	7,20	22,33	20,02	15,45±7,42	48,0
КМН + NPK	11,59	19,35	15,60	7,06	18,34	18,58	15,09±4,97	32,9
КМН-Si	12,27	50,40	14,49	11,90	35,95	21,47	24,41±15,38	63,0
КМН-Si + NPK	13,40	39,92	11,60	10,11	36,32	23,40	22,46±13,42	59,8
Регулируемые условия								
Контроль (б/у)	7,81	11,69	8,99	12,35	16,78	16,89	12,42±3,94	31,7
КМН	9,52	14,11	9,21	6,93	17,13	18,82	12,62±4,98	39,5
NPK	9,48	20,24	11,56	9,40	23,29	18,23	15,37±5,98	38,9
КМН + NPK	10,08	20,16	14,43	10,30	15,20	10,99	13,53±4,22	31,2
КМН-Si	10,76	38,71	12,10	15,61	34,26	24,37	22,63±12,22	54,0
КМН-Si + NPK	11,87	33,47	12,78	20,99	29,67	24,13	22,15±8,79	39,7

В среднем за три года наибольшие значения подвижного кремния были в вариантах с применением источника кремния – метасиликата натрия. В конце вегетационного сезона 2024 г., после трех лет исследований, в почве в вариантах с внесением кремнийорганического удобрения сохранялось большее содержание обеих форм этого элемента.

В естественных условиях содержание монокремниевой кислоты в среднем выше на 2,48 мг/кг, чем в регулируемых (табл. 1). Разница является статистически значимой и связана с большим выносом с урожаем яровой пшеницы в вариантах с оптимальным уровнем влажности почвы (см. табл. 3). Следует отметить, что коэффициент вариации полученных значений в вариантах с естественным увлажнением в целом выше, чем в регулируемых условиях, что указывает на зависимость процессов мобилизации от влажности почвы. При этом вариабельность в вариантах без удобрения практически одинаковая, а наибольшие различия отмечены по вариантам с кремнийорганическим удобрением.

Содержание поликремниевых кислот, наоборот, было статистически выше в регулируемых условиях (табл. 2). С повышением влажности почвы увеличивается активность микроорганизмов и корневых выделений, что интенсифицирует процессы высвобождения кремния и способствует образованию полимерных форм. Тенденция по вариабельности значений была схожей с монокремниевыми кислотами – отмечается больший разброс данных при естественном уровне увлажнения почвы.

Поскольку монокремниевые кислоты более подвижны и чувствительны к почвенным условиям, вариабельность полученных данных значительно выше, чем у поликремниевых кислот. Реакция на внесение кремнийорганических удобрений у монокремниевых кислот была выраженная, отмечалось увеличение значений, поскольку в качестве источника кремния использовали водорастворимую соль метасиликат натрия.

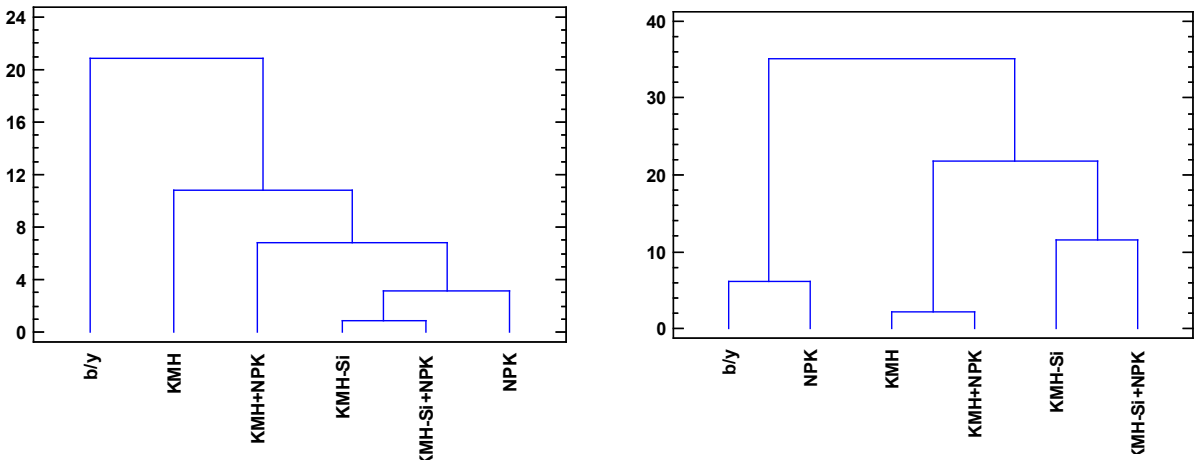
Для более детального рассмотрения влияния применяемых систем питания на содержание кремния был проведен кластерный анализ. Оценка полученных дендрограмм показала некоторые различия в содержании монокремниевых и поликремниевых кислот в почве. При рассмотрении дендрограммы монокремниевых кислот выделено образование трёх кластеров, определяющих влияние группировки вариантов удобрений по типу питания (рис., *а*). Первый кластер образовали варианты удобрений, содержащие кремний, выявлена схожая динамика накопления этого элемента. Второй кластер образовали оставшиеся удобрения (КМН, NPK и КМН + NPK), имеющие одинаковую тенденцию к изменению содержания. Контрольный вариант без удобрений статистически отличался от остальных вариантов и формирует отдельную группу. Это подтверждает, что любой вид удобрений косвенно

оказывает влияние на мобилизацию монокремниевой кислоты за счет стимуляции микробиологических процессов (органические удобрения), усиления корневых выделений, изменения pH почвенного раствора и т.д.

Дендрограмма поликремниевых кислот имеет несколько иную тенденцию (рис., *б*). Первый кластер образуют также кремнийсодержащие системы питания, при этом КМН-Si + NPK показывает более стабильно высокое содержание в различные сезоны. Второй кластер образуют варианты с КМН и КМН + NPK, которые значительно уступают по содержанию первому кластеру. Третий кластер и самое низкое содержание показывают варианты с минеральным удобрением и без удобрения.

2. Динамика содержания поликремниевых кислот в почве, мг/кг почвы

Вариант	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Mean ± SD	Коэф. вариации, %
	ГТК 1,28		ГТК 1,42		ГТК 1,03			
	перед посевом	после уборки	перед посевом	после уборки	перед посевом	после уборки		
Естественные условия								
Контроль (б/у)	78,53	71,75	80,65	71,75	74,29	87,43	77,39±6,23	8,0
КМН	61,30	54,80	82,77	70,48	78,11	85,59	72,17±12,23	16,9
NPK	62,43	69,21	83,76	56,92	87,71	86,02	74,36±12,64	17,0
КМН+NPK	66,38	57,34	87,57	90,68	85,31	82,63	76,67±14,00	18,3
КМН-Si	56,50	57,91	71,19	75,42	75,28	99,44	72,63±15,01	20,7
КМН-Si+NPK	71,19	100,0	94,21	98,59	89,12	100,56	92,28±12,7	13,8
Регулируемые условия								
Контроль (б/у)	83,05	75,71	73,87	77,97	81,64	83,62	79,31±4,24	5,3
КМН	83,05	71,47	79,80	72,60	74,01	75,85	76,13±4,89	6,4
NPK	85,03	78,25	78,11	73,45	96,33	76,69	81,48±7,74	9,5
КМН + NPK	85,59	72,88	77,54	74,44	81,07	83,76	79,21±5,09	6,4
КМН-Si	82,09	94,35	67,09	76,98	87,01	96,05	83,99±11,32	13,5
КМН-Si + NPK	84,92	109,6	87,29	87,43	82,06	97,60	91,38±9,46	10,4



а) монокремниевые кислоты б) поликремниевые кислоты

Рис. Дендрограмма кластеризации вариантов опыта

Таким образом, вводимый в КМН метасиликат натрия оказывает непосредственное влияние на содержание форм кремния (моно- и поликремниевой кислот) в почве. В то же время применяемые минеральные и органические (КМН) удобрения стимулировали образование монокремниевых кислот, а КМН и поликремниевых кислот. Это подтверждают данные проведенной статистической обработки с меньшими показателями содержания кремния в вариантах без применения удобрений. Поступление соединений кремния с органическим удобрением КМН также связано с его составом, так как при его изготовлении используется торф и куриный подстилочный помет.

Применяемые удобрения и их сочетания оказывали соответствующее влияние на урожайность яровой пшеницы (табл. 3).

Введение кремния в органическое удобрение способствовало повышению урожайности яровой пшеницы в зависимости от года исследований на 5-12 % по сравнению с соответствующим вариантом без Si. Отмечено, что прирост урожайности был в годы, хорошо обеспеченные влагой (2022-2023), больший эффект от кремния наблюдался в вариантах, где поддерживался оптимальный уровень влажности почвы, а в засушливый 2024 г. прирост урожайности выше в естественных условиях.

3. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	2022 г.		2023 г.		2024 г.	
	естеств.	регулир.	естеств.	регулир.	естеств.	регулир.
Контроль (б/у)	$1,58^{a}$	$2,09^{a}$	$1,40^{a}$	$1,83^{a}$	$1,48^{a}$	$1,91^{a}$
КМН	$2,20^{b}$	$4,02^{b}$	$2,02^{b}$	$3,08^{b}$	$1,88^{b}$	$2,43^{b}$
NPK	$2,69^{c}$	$4,56^{c}$	$2,35^{c}$	$3,64^{c}$	$1,69^{a,b}$	$2,18^{a,b}$
КМН + NPK	$2,86^{c}$	$4,87^{c,d}$	$2,53^{c,d}$	$3,81^{c}$	$1,97^{b}$	$2,58^{b,c}$
КМН-Si	$2,30^{b}$	$4,31^{b,c}$	$2,24^{b,c}$	$3,40^{b,c}$	$2,02^{b}$	$2,60^{b,c}$
КМН-Si + NPK	$3,07^{d}$	$5,36^{d}$	$2,78^{d}$	$4,28^{d}$	$2,19^{c}$	$2,79^{c}$
$НСР_{05}$	0,19		0,21		0,13	

Примечание. Значения, обозначенные одинаковой буквой, не различаются статистически значимо.

В зависимости от года исследования органоминеральный вариант способствовал росту урожайности от 11 до 23 % по сравнению с применением отдельно органического или минерального удобрения. Поддержание оптимального уровня увлажнения (70 % ПВ) создавало благоприятные условия для формирования урожайности культуры и достоверно увеличивало продуктивность на 0,54-1,75 т/га с максимальным значением в первый год наблюдений.

Проведенная проверка допущений дисперсионного анализа подтвердила нормальность остатков, гомогенность дисперсий и независимость наблюдений внутри каждого года. Остатки модели подчинялись нормальному распределению (тест Шапиро–Уилка, p=0,21), гомогенность дисперсий подтверждена тестом Левена (p>0,05 для всех факторов), независимость наблюдений верифицирована критерием Дарбина–Уотсона (d=2,07).

Применение Post-hoc множественных сравнений, выполненных с использованием критерия Тьюки (Tukey HSD), с контролем семейственной ошибки на уровне α = 0,05, позволило установить, что все изучаемые удобрения значимо превышали контроль (б/у) (p<0,01). На естественном фоне в 2022 и 2024 г. максимальную урожайность обеспечил вариант КМН-Si + NPK, значительно превосходящий все другие удобрения (см. табл. 3). В 2024 г. различия между удобрениями на естественном фоне сгладились: NPK не отличался от контроля (буквы «a,b»). На регулируемом фоне во все годы лидировал КМН-Si + NPK, но статистически значимо относительно варианта КМН + NPK только в 2023 г.

Исследователи отмечают различный эффект от применения препаратов кремния на яровой пшенице. Включение в технологию выращивания яровой пшеницы «NaturAgroEcoGrow» для обработки семян и некорневых подкормок достоверно позволяло получить прибавку урожайности от 0,59 до 1,72 т/га, что составляло 12,8-37,4% к контролю [8]. Внесение цеолита в дозе 3 т/га при возделывании пшеницы увеличивало урожайность на 3-5 %, а 12 т/га значительно выше – на 31-34 % [5]. Биологическая урожайность за счет некорневой обработки препаратами с кремнием в условиях Пензенской обл. изменялась от 0,19 т/га при применении Келик Калий + Кремний до 0,49 т/га в варианте с Микровит-6 Кремний [10].

Экстраполяцию полученных данных при выращивании яровой пшеницы в Нечерноземной зоне с применением кремнийорганического удобрения рекомендуется проводить на легкосуглинистые дерново-подзолистые почвы применяя поправочные коэффициенты на плодородие почвы.

Проведенные экономические расчеты показали, что условный чистый доход в сумме за три года от применения кремнийорганического удобрения по сравнению с необогащенным КМН составил 28 900 руб/га.

Выводы. Исследования в 2022-2024 г. по динамике соединений кремния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве показали, что режим увлажнения почвы влияет на содержание форм кремния, особенно монокремниевых кислот.

Анализ различных видов удобрений свидетельствовал о наибольшем содержании монокремниевых кислот в вариантах с применением органического удобрения, обогащенного метасиликатом натрия (КМН-Si), особенно в сочетании с минеральными удобрениями (КМН-Si + NPK). Внесение как органических (КМН), так и минеральных удобрений стимулировало образование монокремниевой кислоты по сравнению с контролем, что подтверждается результатами кластерного анализа.

Введение кремния в состав удобрений обеспечило дополнительную прибавку урожая на 5-12 % по сравнению с аналогичными вариантами без кремния.

Литература

1. *Баранов Д.Ю., Моисеенко Т.И., Дину М.И.* Геохимические закономерности формирования атмосферных выпадений в условно фоновом районе Валдайского национального парка // Геохимия. – 2020. – № 10. – С. 1–16. DOI: 10.31857/S0016752520100039
2. *Бочарникова Е.А.*, *Матыченков В.В., Матыченков И.В.* Кремниевые препараты в сельском хозяйстве // Агрохимия. – 2023. – № 12. – С. 106-113. DOI: 10.31857/S0002188123120049
3. *Виноградова А.В., Зоричева А.С.* Исследование возможности применения соединения кремния в качестве мелиоранта-стабилизатора ионов тяжелых металлов в загрязненной почве // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2017. – №2. – С. 20-31. DOI: 10.15593/2224-9400/2017.2.02
4. *Зинковская Т.С., Рабинович Г.Ю., Подолян Е.А.* Значение кремния и кремниевых удобрений в сельском хозяйстве (обзор) // Плодородие. – 2024. – № 1. – С. 26-31. DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.07
5. *Козлов А.В., Куликова А.Х., Уромова И.П.* Подвижность силикатов, показатели плодородия дерново-подзолистой почвы, биоаккумуляция кремния и продуктивность сельскохозяйственных культур под действием цеолита // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – № 1. – С. 183-198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.183rus
6. *Куликова А.Х.* Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур. – Ульяновск: Изд-во Ульяновская ГСХА, 2013. – 176 с.
7. *Матыченков И.В., Пахненко Е.П.* Изменение содержания подвижных фосфатов почвы при внесении активных форм кремния // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 24-28.
8. *Опыт* использования кремнийсодержащего препарата «NaturAgroEcoGrow» на яровой пшенице в условиях Бийско-Чумышской зоны Алтайского края / О.И. Антонова, Л.А. Ступина, И.А. Косачев [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1. – С. 27-37. DOI: 10.53083/1996-4277-2024-231-1-27-37
9. *Самсонова Н.Е.* Кремний в растительных и животных организмах// Агрохимия. – 2019. – № 1. – С. 86-96. DOI: 10.1134/S0002188119010071
10. *Семина С.А., Остробородова Н.И., Ильина Г.В.* Влияние кремнийсодержащих препаратов на продуктивность яровой мягкой пшеницы // Нива Поволжья. – 2023. – № 4. – С. 1002. DOI: 10.36461/NP.2023.68.4.00
11. *Содержание* валового кремния и доступных растениям его форм в черноземе выщелоченном западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, Т.Ф. Бочко [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 56. – С. 179-184.
12. *Содержание* кремния в атмосферных осадках, почвах и почвенных растворах, потери при вымывании и потребление его культурами звена севооборота, возделываемыми на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах Республики Беларусь / Г.В. Пироговская, И.Е. Ермолович, В.В. Матыченков [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 2. – С. 84-96. DOI: 10.47612/0130-8475-2022-2(69)-84-96
13. *Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В.* Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем: учеб. пособие для вузов. – Н. Новгород: Изд.-во ВВАГС, 2011. – 170 с.

DYNAMICS OF THE SILICON CONTENT IN THE SOIL DURING THE APPLICATION OF VARIOUS FERTILIZERS

Yu.D. Smirnova, Candidate of Biol. Sci., T.S. Zinkovskaya, Candidate of Agr. Sci.,
Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Pyzhevsky per., 7, bld. 2, 119017, Moscow, Russia,
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

The article presents the results of a three-year study on the dynamics of mono- and polysilicic acids in sod-podzolic soil under various fertilizer applications. It has been established that the application of the organosilicon fertilizer (KMN-Si) and its combination with mineral fertilizer (KMN-Si + NPK) ensured the maximum accumulation of mobile forms of silicon in the soil and increased the yield of spring wheat by 5–12%, depending on the year of the study, compared to the corresponding Si-free treatment. The influence of soil moisture regime on the dynamics of mono- and polysilicic acids was revealed. In years with high precipitation (Selyaninov's HTC 1.43), a decrease in monosilicic acids was observed. Maintaining optimal soil moisture (70% of field water capacity) contributed to an increase in polysilicic acids in the soil. Cluster analysis confirmed the effectiveness of the organomineral system with silicon in optimizing the silicon regime of the soil, as well as that the application of mineral and organic fertilizers stimulates the formation of available forms of silicon.
Keywords: spring wheat, monosilicic and polysilicic acids, moisture, yield, cluster analysis