

## ВЛИЯНИЕ КРУПНЫХ ФРАКЦИЙ ОТСЕВА ЩЕБЕНОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ, УРОЖАЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ГОРОХА

**И. В. Салаев, А. В. Литвинович, Е. Е. Шевченко**

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»  
195220, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14,  
E-mail: ivansalaev@yandex.ru*

*Поступила в редакцию 14 июня 2016 г., принята к публикации 05 сентября 2016 г.*

В десятивариантном микрополевым опыте проведено изучение влияния известкования возрастающими дозами доломитовой крошки размером 5–7 и 7–10 мм на содержание гумуса, урожай и химический состав гороха. За один год применения указанных фракций в высоких дозах не произошло достоверного изменения содержания гумуса в почве большинства вариантов. В вариантах с использованием доломитовой муки в дозе 1Нг, отсева щебня размером 5–7 мм в дозе 3Нг и 7–10 мм в дозах 3 и 5Нг, естественной смеси фракций отсева в дозе 1Нг прослеживалась тенденция к повышению содержания гумуса. Тенденция к снижению содержания гумуса установлена в двух вариантах (отсев 7–10 мм 1Нг, естественная смесь фракций 3Нг). Использование доломитовой крошки размером 5–7 мм привело к достоверному снижению содержания гумуса. Выявлено существенное повышение продуктивности гороха в вариантах, мелиорируемых указанными фракциями в дозах 1 и 3Нг. Использование отсева в заведомо завышенной дозе без разделения на фракции оказалось неэффективным. В остальных вариантах была отмечена тенденция к росту урожайности. В модельном опыте на колонках не установлено усиление миграции щелочноземельных металлов из почвы, мелиорируемой высокими дозами крупных фракций отсева, по сравнению с вариантом, известкованным доломитовой мукой в научно обоснованной дозе. Максимальное вымывание щелочноземельных металлов приходилось на первое промывание вне зависимости от варианта опыта. Резкое снижение содержания кальция и магния в промывных водах наблюдалось после второго промывания. Минимальное количество металлов вымылось с третьим промыванием.

**Ключевые слова:** отсев щебеночного производства, мелиорация, почва, растения, химический состав.

## IMPACT OF LARGE FRACTION OF CRUSH STONE PRODUCTION ON THE SOD-PODZOLIC LOAMY SOIL HUMUS CONTENT, YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF PEA PLANTS

**I. V. Salaev, A. V. Litvinovich, E. E. Shevchenko**

*Agrophysical Research Institute, 14, Grazhdanskiy pr., St. Petersburg, 195220  
E-mail: ivansalaev@yandex.ru*

In ten treatments of microfield experiment the effect of liming with increasing rates of dolomite stone (size of stones 5–7 and 7–10 mm) on the soil humus content, yield and chemical composition of pea plants was studied. In one year after the application of high rates of the liming material to the soil no significant changes in the soil humus content for most of the treatments were found. In the treatments where the dolomite flour was applied at the rate 1Ng, 5–7 mm stones at the rate 3Ng and 7–10 mm stones at the rates of 3 and 5Ng, natural mixture of stone fractions at the rate of 1Ng a trend of increasing soil humus content was found. The downward trend in the humus content was detected in two treatments (7–10 mm stones at the rate of 1Ng, natural mixture of fractions at the rate 3Ng). The use of dolomite stones of 5–7 mm in size resulted in a significant decrease of the soil humus content. A significant increase of pea productivity was detected in treatments where the 5–7 mm stones were used at the rates of 1 and 3Ng. Using the liming material at the notoriously excessive rate without fractionation proved to be ineffective. In other treatments there was a trend to increase the productivity. In the model experiment there was no increase in the migration of alkaline earth metals from the soil, limed with high rates of large stone fractions compared to the treatments with dolomite flour at scientifically based rate. Maximum elution of alkaline earth metals was found after the first washing, regardless of the treatment. The sharp decrease of calcium and magnesium content in the washout water was detected after the second washing. The minimum amount of the metals was washed out after the third washout.

**Keywords:** crush production, dolomite, liming, soil, plant, chemical composition.

## ВВЕДЕНИЕ

Исследования, посвященные изучению возможностей использования отходов промышленного производства в качестве удобрений и мелиорантов, проводятся в течение довольно продолжительного времени (Шильников, Васильева, 1974; Кабанина, Южанина, Юлушева, 1984; Осипов, Оглуздин, 2002; Мерзлая, Филиппова, 2002 и др.). В распоряжении исследователей имеются данные длительных полевых опытов по влиянию конвекторных и металлургических шлаков на физико-химические свойства почв, урожай и качество растений (Небольсин, Лебакова, 1974; Зеленев, Шильников, Аканова, 2010 и др.). Однако отходы промышленного производства существенно отличаются друг от друга по химическому составу, нейтрализующей способности и растворимости. Поэтому если одни из них подходят для применения в качестве известкового удобрения в сельскохозяйственном производстве, это не является основанием для использования других.

В лаборатории мелиорации почв АФИ проводится изучение удобрительной ценности и мелиоративных свойств известьсодержащих отходов промышленности (Дричко с соавт., 2002; Лаврищев, 2000; Литвинович с соавт., 2006, 2008, 2012, 2013).

В 2011 г. предметом изучения стали отсева доломитовой крошки одного из карьеров Ленинградской области (месторождение «Елизаветино»). На сегодняшний день в отвалах карьера по добыче доломита, используемого для дорожного строительства, скопилось около 70 млн. тонн доломитовой крошки размером менее 20 мм. Ее применение в качестве известкового материала поможет частично решить проблему известкования почв в регионе и одновременно освободить значительные территории земель, занятые отвалами.

В работе Э. И. Гагариной (2002) подробно представлена специфика минерального карбонатного сырья и указаны скорости его выветривания. Установлено,

что основным процессом, при котором происходит выветривание карбонатных пород, является растворение. В ходе растворения карбонаты переходят в бикарбонаты и выносятся из почвы при ее промывании осадками. Данный процесс сопровождается физическим выветриванием, приводящим к дроблению плотных осадочных пород на мелкие обломки. Физическое и химическое выветривание карбонатных осадочных пород на Северо-Западе протекает достаточно интенсивно.

В описываемых в настоящей работе исследованиях процесс растворения фракций доломита размером менее 0,25 мм, 0,25–1,00 мм и 1–3 мм, внесенных в количестве, соответствующем полной по гидролитической кислотности дозе, практически полностью завершился на третий год после применения, а щелочноземельные металлы переходили в почвенный раствор, впоследствии вступая в реакцию с ППК. Фракция размером 3–5 мм разлагалась значительно медленнее за счет контактного обмена поверхности частиц доломита и почвы (Литвинович и др., 2016).

В настоящей статье представлены материалы изучения удобрительной ценности естественной смеси фракций отсева (без разделения на фракции) и возрастающих доз фракций доломита размером 5–7 и 7–10 мм, содержание каждой из которых в отсеве составляет 11%.

Цель исследования заключалась в том, чтобы в условиях микрополевого опыта: 1) установить влияние известкования повышенными дозами доломитовой крошки на содержание гумуса в мелиорируемой дерново-подзолистой почве; 2) в модельном опыте на колонках определить масштабы миграции щелочноземельных металлов из почвы, мелиорируемой разными дозами отсева; 3) изучить влияние отсева на урожайность и химический состав растений гороха.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Микрополевым опытом был заложен на Меньковской опытной станции АФИ в 2015 г. в полиэтиленовых сосудах без дна. Площадь поверхности сосуда составляла

1 м<sup>2</sup>, глубина – 25 см, масса почвы в сосуде – 300 кг.

Объектом исследования служила дерново-подзолистая легкосуглинистая почва со следующими физико-химическими показателями: рН<sub>KCl</sub> – 4,8; Нг 4,9 ммоль-экв. 100 г<sup>-1</sup> почвы; содержание гумуса – 2,18%. Размер фракций отсева доломита составлял 5–7 и 7–10 мм. Гранулометрический состав отсева представлен в работе А.В. Литвиновича с соавт. (2016). В составе

отсева на долю СаСО<sub>3</sub> приходится 46,1%, на долю MgCO<sub>3</sub> – 38,4%.

Схема опыта включала 10 вариантов (табл. 1). Опыт проводился в четырехкратной повторности. Удобрения (азофоска) вносились перед посевом растений в количестве 60 г м<sup>-2</sup>. Культура – горох (*Pisum sativum* L.) сорта «Мадонна». Уборка гороха проводилась в фазу цветения.

Таблица 1. Содержание гумуса, урожайность и химический состав растений гороха

№	Варианты	Гумус, %	Урож-сть гороха, г м <sup>-2</sup>	Прибавка урожая, %	Содержание щелочноземельных металлов, % а.с.в.		Mn и Fe, мг кг <sup>-1</sup> а.с.в.	
					Ca	Mg	Mn	Fe
1	Контроль NPK (фон)	1,34	216	–	1,84	0,40	257,6	105,5
2	Фон + доломитовая мука 1 Нг *	1,30	267	24	2,11	0,52	71,3	98,9
3	Фон + отсев щебня 5–7 мм 1 Нг	1,27	322	49	2,04	0,43	244,9	105,3
4	Фон + отсев щебня 5–7 мм 3 Нг	1,32	288	34	2,04	0,43	227,9	107,5
5	Фон + отсев щебня 5–7 мм 5 Нг	1,19	252	17	2,05	0,45	174,1	96,5
6	Фон + отсев щебня 7–10 мм 1 Нг	1,23	265	23	1,94	0,38	191,2	90,2
7	Фон + отсев щебня 7–10 мм 3 Нг	1,31	272	26	2,05	0,47	203,2	105,9
8	Фон + отсев щебня 7–10 мм 5 Нг	1,32	231	7	2,02	0,49	167,4	102,2
9	Фон + отсев щебня – естественная смесь фракций 1 Нг	1,31	253	17	2,06	0,51	157,6	93,9
10	Фон + отсев щебня – естественная смесь фракций 3 Нг	1,20	176	–	1,99	0,50	95,5	80
11	НСР05	0,066	48,5		0,17	0,07	41,7	18,5

Миграция щелочноземельных металлов из почвы, мелиорируемой крупными фракциями доломита, определялась в модельном опыте на колонках. Опыт был проведен в шестикратной повторности. Методика проведения опыта состояла в следующем. После уборки гороха из каждого варианта опыта отбиралась почва, которая затем высушивалась и помещалась в колонки. Масса почвы в колонке составляла 600 г, высота почвенного слоя – 18 см, плотность набивки в сосуды – 1,0–1,1 г см<sup>-3</sup>. Для промывания каждой колонки использовался полуторократный объем воды, ежегодно просачивающейся сквозь почвенно-грунтовую толщу. Расчет необходимого количества воды для промывания представлен в работе А. В. Литвиновича с соавт. (1998). Для промывания каждой колонки использовалась дистиллированная вода в объеме 1200 мл, поделенном на три равные части.

В каждой порции фильтрата при помощи комплексонометрического метода определялась сумма кальция и магния. Содержание гумуса в почве устанавливалось по методу Тюрина. Концентрация Ca, Mg, Mn и Fe в растениях определялась после сухого озоления на атомно-адсорбционном спектрофотометре SpectrAA 240 FS фирмы Varian с помощью метода пламенной атомизации.

Полученные в результате определений данные обрабатывались статистически. Использовался дисперсионный анализ данных. Вычислялась наименьшая существенная разница (Доспехов, 1985).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения показывают (табл. 1), что почва, выбранная для исследования, характеризуется средним содержанием гумуса (Благовидов, 1955). Такое содержание является типичным для дерново-подзолистых почв региона. При применении только минеральных удобрений содержание С гумуса в почве после уборки гороха возросло с 1,26 до 1,34%.

Согласно современным представлениям, влияние известкования на содержание гумуса в почве является двояким. С одной стороны, при

нейтрализации почвенной кислотности улучшается развитие сельскохозяйственных растений и, как следствие, увеличивается поступление в почву корневых и пожнивных остатков, являющихся источником образования гумуса. С другой стороны, повышается возможность разложения некоторых составляющих почвенного гумуса. Результат данных процессов будет в значительной степени определять гумусированность известкованных почв (Небольсин, Небольсина, 2005).

В проведенных в рамках настоящей работы исследованиях была отмечена тенденция к росту содержания гумуса при известковании в вариантах с использованием доломитовой муки в дозе 1Нг и в варианте с использованием фракции щебня размером 5–7 мм в дозе 3 Нг. Такая же тенденция прослеживается в вариантах с использованием фракции 7–10 мм в количестве 3 и 5 доз Нг и в варианте с применением естественной смеси фракций отсева в дозе 1 Нг.

В вариантах с применением фракций отсева 7–10 мм в дозе 1 Нг и смеси фракций отсева в дозе 3 Нг выявлена тенденция к снижению содержания гумуса. Наблюдения за динамикой содержания гумуса в отдельных вариантах опыта будут продолжены.

Определенные опасения при использовании доломита в высоких дозах вызвала возможность повышения непроизводительных потерь из почвы щелочноземельных металлов, мигрирующих вниз по почвенному профилю вместе с водой из атмосферных осадков. В работе А. В. Литвиновича с соавт. (2015) установлено, что при увеличении дозы применения конверсионного мела с 0,9 до 2,5 Нг потери кальция при выщелачивании возросли в 4,8 раза.

Приведенные в таблице 2 данные показывают, что минимальное количество щелочноземельных металлов вымывается из почвы неизвесткованного варианта опыта. За три промывания их количество составило 72,9 мг. Максимальные потери установлены в вариантах с использованием доломитовой муки в дозе 1 Нг и фракции отсева доломита размером 5–7 мм в дозе 3Нг (2166,4 мг и

2104 мг соответственно). Во всех остальных вариантах суммарные потери щелочноземельных металлов были меньше и колебались в пределах от 331,8 до 1344,2 мг.

Выщелачивание обменных оснований из мелиорируемой почвы подчинялось следующей закономерности вне зависимости от варианта опыта. Максимальное количество щелочноземельных металлов вымывалось с первой порцией фильтрата. В промывных водах второго срока содержание щелочноземельных металлов резко снижалось. Минимальное количество удаляемых элементов было зафиксировано при третьем промывании.

В целом спустя год после известкования непроизводительные потери щелочноземельных металлов вследствие вымывания из почв вариантов с использованием высоких доз крупных фракций отсева не превышают потери из почвы варианта с применением доломитовой муки, внесенной в научно обоснованной дозе.

В связи с этим возникает вопрос о том, каково остаточное количество способных к миграции щелочноземельных металлов в почвах различных вариантов опыта после промывания полутороговой нормой осадков, или, иными словами, насколько полно были удалены подвижные соединения кальция и магния из почвы при промывании.

Представленные в таблице 3 данные показывают, что большая часть способных к миграции щелочноземельных металлов была удалена из почвы известкованных вариантов опыта просачивающейся водой. Остаточное количество кальция и магния в почве мелиорируемых вариантов колебалось от 0,11 до 0,29 ммоль-экв.  $100 \text{ г}^{-1}$  почвы, то есть снизилось по сравнению с исходным содержанием соответственно на 9–20%.

Полученные данные позволяют утверждать, что практически весь запас щелочноземельных металлов, оставшийся в почве после уборки гороха, был вымыт в результате промачивания.

Данные об урожайности и химическом составе гороха приведены в табл. 1. Полученные результаты свидетельствуют, что применение отсева в большинстве известкованных вариантов оказало

положительное влияние на продуктивность растений. Минимальный выход сухой массы гороха зафиксирован в контрольном варианте без известкования. В вариантах с применением доломитовой муки и фракций отсева размером 5–7 и 7–10 мм в дозах 1 и 3 Нг получены достоверные прибавки урожая. При известковании почвы дозой отсева, соответствующей 5 Нг, была отмечена тенденция к росту урожайности гороха вне зависимости от размера частиц. Эффективность фракции размером 5–7 мм, внесенной в эквивалентном количестве с фракцией 7–10 мм, была выше.

При использовании отсева крошки без разделения на фракции в дозе 1 Нг выход сухой массы гороха соответствовал выходу в варианте опыта с известкованием почвы частицами размером 5–7 мм в эквивалентной дозе. Применение естественной смеси фракций в дозе 3 Нг оказалось нерезультативным. По-видимому, это связано с излишним известкованием почвы в связи с наличием в отсеве большого количества быстрорастворимых фракций тонкого размера.

Таким образом, фракции доломитовой крошки размером 5–7 и 7–10 мм не являются балластом. Их применение приводит к увеличению продуктивности гороха уже за один год известкования. Максимальный рост урожайности зафиксирован в вариантах с использованием частиц доломита размером 5–7 мм, внесенных в количестве 1 и 3 Нг. Эффект от использования фракций 7–10 мм был ниже. Применение отсева в заведомо завышенной дозе без разделения на фракции оказалось неэффективным.

Значение кальция, как элемента питания хорошо известно. Физиологические функции кальция тесно связаны с фотосинтезом. Кальций входит в состав ядра клетки, регулирует кислотно-щелочное равновесие в тканях растений и участвует в передвижении углеводов. Поступление данного элемента в растения происходит в течение всего периода их роста.

Таблица 2. Количество щелочноземельных металлов, вымываемых из почвы (мг)

№ промывки	1. Контроль НРК (фон)	2. Фон + доломитовая мука, 1 Нг	3. Фон + отсев щебня 5–7 мм, 1 Нг	4. Фон + отсев щебня 5–7 мм, 3 Нг	5. Фон + отсев щебня 5–7 мм, 5 Нг	6. Фон + отсев щебня 7–10 мм, 1 Нг	7. Фон + отсев щебня 7–10 мм, 3 Нг	8. Фон + отсев щебня 7–10 мм, 5 Нг	9. Фон + отсев щебня – естественная смесь фракций, 1 Нг	10. Фон + отсев щебня – естественная смесь фракций, 3 Нг	НСР <sub>05</sub>
1-я	46,6	2049,0	298,7	2059,0	498,0	738,7	1296,0	563,0	1104,0	556,0	245
2-я	12,0	62,4	20,3	29,0	62,7	23,2	24,7	44,0	35,2	44,0	6,3
3-я	14,3	55,0	12,8	16,0	33,0	22,4	23,5	36,0	32,8	35,3	5,2
Сумма	72,9	2166,4	331,8	2104,0	593,7	784,3	1344,2	643,0	1172,0	635,3	

Таблица 3. Содержание водорастворимых кальция и магния в производственной почве до и после промывания (ммоль-экв. 100 г<sup>-1</sup> почвы).

1. Контроль НРК (фон)	2. Фон + доломитовая мука 1 Нг	3. Фон + отсев щебня 5–7 мм 1 Нг	4. Фон + отсев щебня 5–7 мм 3 Нг	5. Фон + отсев щебня 5–7 мм 5 Нг	6. Фон + отсев щебня 7–10 мм 1 Нг	7. Фон + отсев щебня 7–10 мм 3 Нг	8. Фон + отсев щебня 7–10 мм 5 Нг	9. Фон + отсев щебня – естественная смесь фракций 1 Нг	10. Фон + отсев щебня – естественная смесь фракций 3 Нг
До промывания									
1,30	2,56	1,4	1,3	1,56	1,18	1,3	1,92	1,98	2,50
После промывания									
0,25	0,28	0,21	0,11	0,20	0,23	0,19	0,22	0,2	0,29

Применение отсева доломита в большинстве вариантов опыта привело к достоверному увеличению концентрации кальция в тканях гороха по сравнению с контролем (табл. 1). В вариантах с использованием доломитовой крошки размером 7–10 мм в дозе 1 Нг и естественной смеси фракций доломита в дозе 3 Нг была отмечена тенденция к росту концентрации кальция. Значимые различия между вариантами с известкованием за год применения отсева не были выявлены.

Другим важным элементом, поступающим в почву с доломитовой крошкой, является магний. Физиологическая роль магния определяется его участием в фотосинтезе и деятельности ферментов. На кислых дерново-подзолистых почвах магниевое голодание наиболее часто отмечается у бобовых культур. Для различных почв благоприятное соотношение обменных кальция и магния варьирует от 2 до 8 ед.

Достоверное повышение концентрации магния в тканях гороха по сравнению с контролем зафиксировано в варианте с использованием доломитовой муки, фракций отсева 7–10 мм в дозах 3 и 5 Нг и естественной смеси отсева в дозах 1 и 3 Нг. В остальных вариантах опыта была установлена тенденция к увеличению концентрации магния.

Таким образом, применение крупных фракций доломитовой крошки в высоких дозах следует рассматривать как источник пополнения почвенных запасов кальция и магния.

Марганец и железо являются элементами, безусловно необходимыми для растений. Физиологическая роль данных металлов, обладающих переменной валентностью, связана с участием в окислительно-восстановительных процессах, происходящих в клетках растений. В кислых почвах подвижность марганца и железа повышается, и происходит более интенсивное их поступление в растения. Содержание легкоподвижного марганца в сильно- и среднекислых почвах региона в большинстве случаев превышает оптимальные уровни для целого ряда

культур, в том числе для бобовых (Небольсин, Небольсина, 2005).

В проведенных в рамках настоящей работы исследованиях (табл. 1) максимальное содержание марганца было отмечено у растений из сосудов контрольного варианта опыта ( $257,6 \text{ мг кг}^{-1}$  сухой массы растений), минимальное – у растений из варианта опыта с использованием доломитовой муки в научно обоснованной дозе. Применение возрастающих доз фракции доломита размером 5–7 мм привело к закономерному снижению концентрации марганца в горохе. Если при использовании указанной фракции в дозе 1 Нг его содержание составило  $244,9 \text{ мг кг}^{-1}$  и незначительно отличалось от содержания в растениях из известкованного контрольного варианта, то при увеличении дозы до 5 Нг оно снизилось до  $174,1 \text{ мг кг}^{-1}$ .

Использование фракций отсева размером 7–10 мм также привело к снижению концентрации марганца в тканях гороха, однако значимые различия между вариантами не были выявлены.

Большинство растений испытывает вредоносное воздействие марганца при его содержании в тканях  $300\text{--}500 \text{ мг кг}^{-1}$  сухой массы. Нижней границей нормальной концентрации данного элемента в растениях принято считать диапазон от 10 до  $25 \text{ мг кг}^{-1}$  (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Следовательно, концентрация марганца в горохе вне зависимости от варианта опыта укладывается в диапазон нормального содержания, характерного для большинства сельскохозяйственных культур.

В вариантах с известкованием изменение содержания железа в растениях гороха не установлено. Исключение составляет вариант с использованием отсева без разделения на фракции в дозе 3 Нг, в котором выявлено достоверное снижение концентрации данного металла в горохе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фракции доломитовой крошки размером 5–7 и 7–10 мм являются ценным мелиоративным материалом. Известкование среднекислой дерново-подзолистой почвы данными материалами в дозах 1 и 3 Нг уже

за один год их применения приводит к росту продуктивности гороха. Также усиливается поглощение растениями кальция и магния. Содержание марганца и железа в тканях растений укладывается в диапазон концентраций, обеспечивающий их нормальный рост и развитие. Эффективность применения фракции размером 5–7 мм, внесенной в эквивалентных дозах с фракцией размером 7–10 мм, оказалась выше. Усиление минерализации гумуса в большинстве известкованных вариантов не установлено. Масштабы миграции обменных оснований из почвы, мелиорируемой повышенными дозами крупных фракций отсева, не превышают потери из почвы, известкованной доломитовой мукой в научно обоснованной дозе. Использование крупных фракций отсева в заведомо завышенных дозах открывает перспективы для создания мелиоранта пролонгированного действия.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев Ю. В., Булгакова В. И. 1996. Определение химической активности известняков // Химия в сельском хозяйстве. № 4. С. 14–17.
- Алексеев Ю. В., Вялушкина Н. И., Игамбердиев В. М. 1991. Экологические аспекты известкования феррохромовым шлаком // Агрохимический вестник. № 9. С. 29–32.
- Благовидов Н. Л. 1954. Сущность окультуривания почв // Почвоведение. № 2. С. 46–60.
- Гагарина Э. И. 2002. Выветривание карбонатных пород в условиях Северо-Запада Русской равнины // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1. Математика. Механика. Астрономия. Т. 3. № 1. С. 60–66.
- Доспехов Б. А. 1985. Методика полевого опыта. 351 с.
- Дричко В. Ф., Литвинович А. В., Павлова О. Ю. 2002. Накопление стронция и кальция растениями при внесении в почву возрастающих доз конверсионного мела // Агрохимия. № 4. С. 81–87.
- Кабанина Л. Н., Южанина Е. Н., Юлушева И. Г. 1984. Влияние осажденного карбоната кальция на продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях Кировской области // Действие удобрений и отходов промышленности на продуктивность сельскохозяйственных культур, качество урожая и свойства почвы. Тр. Горьковского СХИ. С. 12–15.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. 1989. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир. 440 с.
- Лаврищев А. В. 2000. Кальций и стронций в системе почва-растение при известковании почв конверсионным мелом (на примере АО «Акрон» г. Новгород): автореф. дисс... канд. с.-х. наук. С.-Петербург – Пушкин, СПбГАУ. 16 с.
- Литвинович А. В., Лаврищев А. В., Буре В. М., Павлова О. Ю. 2015. Интенсивность миграции кальция из дерново-подзолистой супесчаной почвы, произвесткованной различными дозами мелиоранта (по данным модельного опыта) // Агрохимия. № 6. С. 84–89.
- Литвинович А. В., Небольсина З. П. 2012. Продолжительность действия известковых мелиорантов в почвах и эффективность известкования // Агрохимия. № 10. С. 79–94.
- Литвинович А. В., Небольсина З. П., Лаврищев А. В., Павлова О. Ю., Ковлева А. О., Куземкин И. А. 2013. Некоторые результаты изучения мелиоративных свойств тонкодисперсных фракций доломитовой муки и доменного шлака Череповецкого металлургического комбината // Агрофизика. № 2 (10). С. 44–51.
- Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Волкова Е. Н. 2006. Влияние различных видов фосфорных удобрений и фосфатного шлама на химический состав зеленой массы ярового рапса на кислой дерново-подзолистой почве // Агрохимия. № 3. С. 34–39.
- Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Лаврищев А. В. 1998. Миграция фтора в почвах различных природно-климатических областей // Агрохимия. № 6. С. 74–81.
- Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Лаврищев А. В., Алексеев Ю. В., Оглуздин А. С. 2008. Химический состав ярового рапса, выращенного на кислых дерново-подзолистых почвах, произвесткованных промышленными отходами // Агрохимия. № 1. С. 50–55.
- Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Лаврищев А. В., Буре В. М., Ковлева А. О. 2016. Мелиоративные свойства, удобрительная ценность и скорость растворения в почвах различных по размеру фракций отсева доломита, используемого для дорожного строительства // Агрохимия. № 2. С. 31–41.
- Мерзлая Г. Е., Филиппова А. Ф. 2002. Использование отходов маслособойного производства при выращивании томатов в защищенном грунте // Вопросы известкования почв. М.: Агроконсалт. С. 113–15.
- Небольсин А. Н., Лебакова А. В. 1974. Влияние доменного шлака на свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур // Научные труды СЗНИИСХ. С. 58–63.
- Небольсин А. Н., Небольсина З. П. 2005. Теоретические основы известкования почв. СПб. 252 с.
- Осипов А. И., Оглуздин А. С. 2002. Использование золошлаковых отходов ТЭС в качестве мелиорантов кислых почв // Вопросы известкования почв. М.: Агроконсалт. С. 145–147.
- Шильников И. А., Васильева С. Н. 1974. Эффективность металлургических шлаков как известковых удобрений в зависимости от их структуры // Агрохимия. № 9. С. 74–96.



