

14. Li P., Ly CY, Wang YQ, Jiao CQ Effects of fertilizing regime and plating age on soil calcium decline in Luochuan apple orchards // The journal of Applied Ecology. 2017. 28(5). P. 1611- 1618. DOI:10.13287/j.1001-9332.201705.022

15. Thor K. (2019) Calcium – Nutrient and Messenger // Frontiers in plant science. – T 10. – P. 449564 DOI:10.3389/fpls.2019.00440

16. Watkins C., Schupp J., Rosenberger D. New York Fruit Quarterly, 12(2), 15-21 (2004) URL: <http://nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/Calcium-Nutrition-and-Control-of-Calcium-related-Disorders.pdf>

#### THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE CALCIUM CONTENT IN THE SOIL OF AN APPLE ORCHARD AND THE CALCIUM STATUS OF COLUMNAR APPLE TREES

**L.I. Leontieva, Candidate of agricultural sciences, O.A. Vetrova, Candidate of agricultural sciences**  
**Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK),**  
**302530 Zhilina, Orel district, Orel region, Russian Federation**

*In the field experiment, the effect of annual application of nitrogen and potash fertilizers on the amount of available forms of calcium in the soil and the calcium status of columnar apple plants was studied. The experiment was conducted in the experimental orchard of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (Orel region). The objects of the study were the agro-gray soil of the experimental site and the columnar apple trees of the 'Poezia' cultivar on the dwarf rootstock 62-396. Urea and potassium sulfate were applied as soil fertilizers in doses of N60K80, N80K120, N120K160. From 2019 to 2022, the content of exchangeable and water-soluble calcium in the soil, the content of calcium in leaves and fruits, and yield were determined. During the experiment, a decrease in the content of exchangeable calcium in all variants with mineral fertilizers was revealed by an average of 6-10%. The amount of water-soluble calcium increased in the fertilized versions. In 2022, there was a decrease in the content of both exchangeable and water-soluble calcium compared to previous years, which was due to the leaching of these forms from the studied soil layers and the increasing yield of columnar apple trees. The calcium content in leaves and fruits did not differ significantly according to the variants of the experiment.*

*Keywords: exchangeable calcium, water-soluble calcium, nitrogen and potash fertilizers, leaves and fruits of columnar apple trees.*

УДК:631.51.:631.41/431

DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.05

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ДОЛОМИТОВОЙ МУКИ НА ДИНАМИКУ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА И УРОЖАЙНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР

**В.А. Свирина, О.В. Гладышева, к.с.-х.н., В.Г. Черногаев,**  
**Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного**  
**бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»**  
**(ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)**  
**Россия, 390502, Рязанская область, Рязанский район, с. Подвязье, ул. Парковая, д. 1**  
**E-mail: [podvyaze@bk.ru](mailto:podvyaze@bk.ru)**

*Приведены результаты четырехлетних полевых исследований (2018-2021 г.) по внесению минеральных удобрений (NPK)<sub>90</sub> и доломитовой муки под различные сельскохозяйственные культуры. Выявлено положительное влияние минеральных удобрений и CaCO<sub>3</sub> в дозе 1,5 г.к. на повышение количества подвижного фосфора, урожайность культур в звене севооборота. Показано, что ежегодное внесение фосфорных удобрений в дозе 90 кг д.в/га на фоне известки привело к росту содержания подвижного фосфора и поддержанию обеспеченности им на высоком уровне – до 270,5 мг/кг почвы. В исследуемой почве в течение четырех лет звена севооборота без удобрений и без известкования поддерживается исходный уровень содержания подвижного фосфора.*

*Ключевые слова: минеральные удобрения, известкование, подвижный фосфор, известь, культуры, звено севооборота, урожайность.*

*Для цитирования: Свирина В.А., Гладышева О.В., Черногаев В.Г. Влияние минеральных удобрений и доломитовой муки на динамику подвижного фосфора и урожайность возделываемых культур// Плодородие. – 2025. – №1. – С. 20-23. DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.05.*

Одним из главных факторов, определяющих рост и развитие сельскохозяйственных культур, является содержание подвижных форм фосфора и калия в почве. При этом обеспеченность растений доступными формами элементов питания – один из важнейших показателей эффективного плодородия [1, 9]. Плодородие почв, как известно, во многом связано с обеспеченностью подвижными фосфатами и кислотностью [5].

В настоящее время при низком уровне применения фосфорных удобрений важно эффективно их использовать с помощью приемов, способствующих улучшению фосфорного питания [4].

Фосфор – один из жизненно необходимых растениям элементов питания, наряду с азотом, калием, кальцием, серой и др. Он входит в состав протоплазмы растительной клетки, является ключевым элементом РНК и ДНК, участвует в процессах углеводного обмена и превращения азотистых веществ, способствует большему накоплению сахаров и крахмала в товарной части растений [2].

Несмотря на важную роль фосфора в жизни растений и почвы, в большинстве случаев ощущается его недостаток. В последнее время проблема фосфора в земледелии в литературе практически не освещается.

Для улучшения плодородия большое значение имеет известкование почвы. Это связано с подщелачиванием

реакции почвенной среды и мобилизацией питательных элементов, в том числе фосфора. Поэтому внесение извести на темно-серых лесных почвах – наиболее эффективный прием повышения плодородия почвы. Другим лимитирующим фактором для получения высоких, устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур выступает содержание фосфора в почве [8].

Уровень обеспеченности почв подвижным фосфором, при котором урожайность большинства сельскохозяйственных культур достигает максимума, лежит в пределах 150-185 мг/кг почвы (по Кирсанову), что способствует росту урожайности сельскохозяйственных культур на 30-50 % [1].

Повышение содержания в почве подвижного фосфора приводит к уменьшению колебаний урожайности сельскохозяйственных культур по годам. Почвы с высоким содержанием фосфора способны обеспечить формирование урожая без внесения удобрений в течение 7-8 лет [6].

Урожайность сельскохозяйственных культур в этих условиях формируется за счет остаточных фосфатов удобрений, накопленных в прошлые годы. Эффективность их использования растениями зависит от количества накопленных остатков и времени их последствия [5].

**Цель исследований** – проследить динамику подвижного фосфора в зависимости от удобрений и известкования на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве.

Для решения этой задачи проведены исследования в звене севооборота с участием повторного внесения доломитовой муки в качестве мелиоранта, которые позволили выявить роль повторного внесения извести в содержании подвижного фосфора и сохранении почвенного плодородия.

**Методика.** Исследования проведены в 2018-2021 г. в Институте семеноводства и агротехнологий в звене севооборота: ячмень + клевер, клевер первого года пользования, озимая пшеница, соя. Повторность опыта четырехкратная. Общая площадь учетной делянки – 90 м<sup>2</sup>.

Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Минеральное питание под каждую культуру обеспечивали за счет внесения удобрений (азофоски) в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> осенью под основную обработку почвы.

Агротехника в опыте – общепринятая для зоны, посев проводили семенами районированных сортов высоких репродукций.

Почвенные образцы для определения подвижного фосфора были отобраны по слоям 0-10, 10-20, 20-30 см, ежегодно по каждой культуре звена севооборота при повторном известковании с 2018 по 2021 г. после уборки культур.

За исходное содержание фосфора приняты показатели при основном известковании (2011-2017 г.)

*Схема опыта:*

вариант №1: без удобрений, без извести;

вариант №2: без удобрений, с известью;

вариант №3: с удобрениями (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>), без извести;

вариант №4: с удобрениями (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>), с известью.

Дозы мелиоранта, установленные в зависимости от конкретного уровня pH и гидролитической кислотности на основании данных, полученных в среднем за 7 лет (2011-2017) составили: в варианте с минеральными удобрениями – внесение извести (CaCO<sub>3</sub>) в дозе 8,8 т/га, без удобрений – внесено 6,9 т/га CaCO<sub>3</sub>.

В почве исследовали содержание подвижного фосфора по Кирсанову, нитрификационную способность –

по Кравкову, целлюлозоразлагающую активность почвы – по методу льняных полотен [7].

Культуры в полевом опыте выращивали по общепринятой агротехнике на фоне извести и при систематическом внесении минеральных удобрений.

В качестве контроля был вариант без удобрений (табл. 1).

#### 1. Исходное плодородие темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы

Показатель	Метод	Значение*
Содержание гумуса, %	По Тюрину (ГОСТ 26213-91)	2,89 3,10
Подвижный фосфор, мг/кг почвы	По Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011)	106 190
Подвижный калий, мг/кг почвы	По Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011)	92 123
Реакция почвенного раствора pH <sub>кол.</sub> , ед	Потенциометрический метод (ГОСТ 26204-91)	5,04 4,78
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	По Каппену	4,50 5,06

\*В числителе – без удобрений, в знаменателе – с удобрениями.

Уборку урожая проводилась комбайном Sampo-130. Обработку данных осуществляли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [3]. В статье представлены данные звена севооборота за 2018-2021 г.

В период исследований (2018-2021 г.) погодные условия складывались по-разному (табл. 2).

#### 2. Агрометеорологические условия вегетационных периодов

Год	Сумма осадков, мм	Средняя температура, °С	Сумма температур, °С	ГТК (по Селянинову)
2018	134,4	21,6	1944	0,59
2019	402,0	20,1	2187	0,73
2020	291,5	19,3	1912	1,28
2021	180,7	22,5	2764	0,48
Среднепогодные данные	254,0	16,4	2200	1,09

**Результаты и их обсуждение.** Под влиянием извести и удобрений, в результате снижения кислотности, улучшения физических свойств усиливается жизнедеятельность микроорганизмов, происходит мобилизация азота и подвижного фосфора.

Биохимические показатели почвенного плодородия принимают участие в биологическом круговороте, процессы продуктов разложения которых благотворно влияют на культурные растения (табл. 3).

#### 3. Биологическая активность почвы (2018-2021 г.)

Вариант опыта	Нитрификационная способность почвы, мг/кг (по Кравкову)	+ к контролю	Целлюлозоразлагающая способность почвы, %	+ к контролю	pH <sub>кол.</sub>	± к контролю
Без удобрений, без извести (контроль)	11,8	-	9,6	-	5,02	-
Без удобрений + известь	12,5	0,7	17,7	8,1	5,4	+0,38
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> , без извести	14,6	2,80	20,6	11,0	4,72	-0,32
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + известь	17,9	6,1	51,5	41,9	5,60	+0,58
НСР <sub>05</sub> : уд.	0,67	-	0,95	-	0,24	-
изв.	0,68	-	0,95	-	0,23	-

Нитрификационная способность служит объективным показателем степени плодородия почвы. Ежегодное внесение удобрений  $N_{90}P_{90}K_{90}$  на фоне известкования в слое 0-30 см существенно увеличивало нитрификационную способность, которая возрастала в 1,52 раза по сравнению с контролем.

Разложение льняной ткани в пахотном слое почвы в период экспозиции было достаточно высоким на фоне известкования при применении минеральных удобрений, что позволило увеличить устойчивость урожайности культур по годам до 5,8 т/га.

Повышение численности микроорганизмов при использовании органических форм азота по сравнению с вариантом без удобрений было обусловлено, очевидно, увеличением количества растительного опада и корневых остатков растений. Наименьшая численность этой группы микроорганизмов в среднем за годы исследования отмечена в контрольном варианте.

Большинство сельскохозяйственных культур чувствительны к повышению кислотности почвы. Полученные результаты свидетельствуют о значительном положительном влиянии известкования на нейтрализацию кислотности почвы. Так, реакция почвенной среды за четыре года эксперимента после применения доломитовой муки (8,8 т/га) и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  повысилась на 0,58 ед. по сравнению с контролем.

Внесение извести и минеральных удобрений оказало влияние на динамику подвижного фосфора в почве (табл. 4).

4. Изменение подвижного фосфора в почве под действием известковых и минеральных удобрений, мг/кг (2018-2021 г.)

Вариант опыта	Культуры звена севооборота					среднее	+ к исходному
	исходный показатель	ячмень + клевер	клевер 1-го г.п.	озимая пшеница	соя		
Контроль (б/у, б/н)	102,7	132,0	146,0	99,3	115,0	129,25	26,55
Без удобрений + известь, 6,6 т/га	114,5	137,0	151,0	115,4	168,7	155,17	40,67
$N_{90}P_{90}K_{90}$ , без извести	187,2	225,0	259	133,8	201,5	238,6	51,42
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + известь, 8,8 т/га	207,0	243,0	250	152,0	272,0	270,5	63,5
НСР <sub>05</sub> : уд. изв.	1,79 1,42	0,7 0,38	3,62 2,52	0,55 0,70	1,08 1,07	- -	- -

Известкованная почва, в дозе 1,5 г.к., при ежегодном внесении минеральных удобрений изменила динамику подвижного фосфора под всеми культурами.

За время проведения опыта содержание подвижного фосфора в пахотном слое, без внесения удобрений в первые два года на ячмене и клевере первого года пользования, составляло в среднем от 132 до 146 мг/кг почвы.

При возделывании сельскохозяйственных культур, где удобрения не применяли, за четыре культуры звена севооборота отмечено замедление увеличения подвижного фосфора. С внесением извести прибавка его существенно увеличилась.

В 2021 г. опытное поле было занято соей, где отмечено максимальное содержание подвижного фосфора в почве.

В среднем обеспеченность почвы подвижным фосфором в вариантах с известью и удобрениями увеличилась до высокого уровня (см. табл. 2).

Прослеживалась определенная закономерность содержания нитратного азота в зависимости от технологии возделывания культур звена севооборота (табл. 5).

5. Зависимость содержания нитратного азота в почве в слое 0-30 см почвы от действия известковых и минеральных удобрений, мг/кг (в среднем за 2018-2021 г.)

Вариант опыта	Культуры звена севооборота				среднее	% к контролю
	ячмень + клевер	клевер 1-го г.п.	озимая пшеница	соя		
Без удобрений, без извести (контроль)	14,77	8,99	7,13	6,5	9,34	-
Без удобрений + известь, 6,6 т/га	15,48	9,80	9,23	6,43	10,20	9,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$ без извести	16,98	9,72	7,25	9,25	10,80	15,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + известь, 8,8 т/га	17,83	13,44	11,3	9,92	13,10	40,2
НСР <sub>05</sub> : уд. изв.	1,39 0,32	0,60 0,25	0,26 0,17	0,48 0,48	- -	- -

Растения активно потребляют нитраты в течение всей вегетации растений.

В содержании азота произошли положительные изменения. Внесение  $CaCO_3$ , как в варианте без удобрений, так и с минеральными удобрениями, увеличивало содержание нитратного азота в почве в течение всего вегетационного периода.

В среднем по годам исследований внесение извести в варианте без удобрений обеспечивало достоверное увеличение содержания нитратного азота на 0,86 мг/кг по отношению к неизвесткованному фону.

Минимальное содержание нитратного азота было в варианте без удобрений (контроль).

Самое высокое содержание  $N-NO_3$  в вариантах с ежегодным применением минеральных удобрений и известью, было достоверно больше на 2,3 мг/кг (21,3%) по сравнению с вариантом без извести.

Изменение содержания обменного фосфора заметно отразилось на урожае культур звена севооборота с применением доломитовой муки и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (табл. 6).

6. Урожайность культур в звене севооборота (среднее за 2018-2021 г.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности	
		т/га	%
Без удобрений, без извести (контроль)	3,73	-	-
Без удобрений + известь, 6,6 т/га	4,12	0,37	9,9
$N_{90}P_{90}K_{90}$ без извести	4,38	0,62	16,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + известь, 8,8 т/га	5,80	2,07	55,5
НСР <sub>05</sub> : уд. изв.	0,16 0,22	- -	- -

В условиях полевого опыта за 4 года эксперимента выявлено, что изучаемые культуры на фоне естественного плодородия темно-серой лесной почвы формируют урожайность 3,73 т/га. Обеспеченность питательными элементами, в частности подвижными формами фосфора, азота при внесении минеральных удобрений по

фону извести, повышается, что позволило получить прибавку относительно неудобренного варианта 55,5 %.

**Выводы.** Установлено, что применение минеральных удобрений на фоне внесения  $\text{CaCO}_3$  положительно сказалось на урожайности культур звена севооборота, которая находится в прямой зависимости от уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором, количества осадков за вегетационные периоды. Полученная урожайность 5,8 т/га больше на 2,07 т/га по сравнению с контролем.

За 2018-2021 г. отмечено повышение содержания подвижного фосфора в почве при внесении минеральных удобрений  $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$  на фоне извести до 270,5 мг/кг (содержание повышенное), при 129,5 мг/кг на контроле (вариант без удобрений). Это позволило компенсировать дефицит элементов питания в вариантах. Наименьшая интенсивность разложения льняного полотна – 9,6 % отмечена в варианте без удобрений и извести. Внесение минеральных удобрений на фоне извести в значительной степени оптимизировало биологическое состояние почвы до 51,5 %, что больше на 21,4% контрольного варианта. Как правило, без внесения удобрений показатели почвенного плодородия ниже оптимальных значений, необходимых для активного роста растений.

#### Литература

1. Баринов В.Н., Барина К.Е. Эколого-агрохимическая эффективность применения удобрений в земледелии Владимирской области //

Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии имени Д.Н. Прянишникова. – 2001. – №114. – С.59-60.

2. Гарафутдинова, К.Р. Влияние фосфоритной муки на агрохимическую характеристику чернозема выщелоченного и урожайность возделываемых культур / К. Р. Гарафутдинова, Г. Ф. Рахманова, Р. Р. Маснавиева // Плодородие. – 2022. – № 5(128). – С. 23-26. – DOI 10.25680/S19948603.2022.128.06. – EDN ZEBNHL.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 – е изд., дополн.и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985.– 351 с.

4. Кирпичников, Н.А. Действие биопрепарата (АМ) микофил на растения ячменя при применении фосфорных и известковых удобрений в полевом севообороте / Н. А. Кирпичников, А. А. Волков // Плодородие. – 2010. – № 6(57). – С. 18-19. – EDN MXGVDJ.

5. Кирпичников, Н.А. Последствие фосфорных удобрений на фосфатное состояние дерново-подзолистой почвы и урожайность озимой пшеницы при известковании / Н.А. Кирпичников // Плодородие. – 2021. – № 3(120). – С. 49-51. – DOI 10.25680/S19948603.2021.120.08. – EDN MKXYU.

6. Мельник А.И., Кулик Н.А., Определение ресурсов фосфора в дерново-подзолистой почве и в черноземе выщелоченном// Плодородие. – 2010.- № 6.– С.18 – 19.

7. Опытное дело в полеводстве. Практикум по агрохимии. Радов А.С., И.В. Пустовойт., Корольков А.В. – М., 1985. –255 с.

8. Сискевич, Р.Ю. Химическая мелиорация земель сельскохозяйственного назначения / Р. Ю. Сискевич, Е. В. Корчагин, Н. А. Косикова // Земледелие. – 2021. – № 2. – С. 14-17. – DOI 10.24411/0044-3913-2021-10203. – EDN LKKIZQ.

9. Тютонов С.И. Комплексная оценка влияния многолетнего применения удобрений на основные показатели плодородия чернозема типичного// Плодородие. – 2021. – №3. – С.45-48  
DOI/ 10/25680/S19948603/2021/120/07.

## THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS AND DOLOMITE FLOUR ON THE DYNAMICS OF MOBILE PHOSPHORUS AND THE YIELD OF CULTIVATED CROPS OF DARK GRAY FOREST SOIL

V.A. Svirina, O.V. Gladysheva, Ph.D. in Agricultural Sciences, V.G. Chernogaev,  
Institute of Seed Production and Agrotechnology – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution  
"Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (ISA – branch of the FGBNU FNAC VIM)  
Russia, 390502, Ryazan region, Ryazan district, village Podvyaz'e, Parkovaya street, 1  
E-mail: podvyaze@bk.ru

The results of four-year field studies (2018-2021) on the application of mineral fertilizers ( $\text{NRK}$ )<sub>90</sub> and dolomite flour for various crops. The positive effect of mineral fertilizers and  $\text{CaCO}_3$  at a dose of 1.5 h.a. on increasing the indicators of mobile phosphorus, crop yields in the crop rotation link was revealed.

The annual application of phosphorus fertilizers at a dose of 90 kg / ha a.s. of mineral water against the background of lime application led to an increase in mobile phosphorus and maintenance of security at a high level – up to 270.5 mg / kg of soil.

The initial level of mobile phosphorus content is maintained in the studied soil for 4 years of crop rotation without fertilizers and without liming.

Keywords: mineral fertilizers, liming, mobile phosphorus, lime, crops of the crop rotation link, yield.