

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ КАЛЬЦИЯ В ПОЧВЕ ЯБЛОНЕВОГО САДА И КАЛЬЦИЕВЫЙ СТАТУС РАСТЕНИЙ КОЛОННОВИДНОЙ ЯБЛОНИ

Л.И. Леонтьева, к.с.-х.н., О.А. Ветрова, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур»
302530, Орловская обл., Орловский р-н, д. Жилина,
e-mail: leonteva@orei.vniispk.ru

В полевом опыте изучены влияние ежегодного внесения азотных и калийных удобрений на количество доступных форм кальция в почве и кальциевый статус растений колонновидной яблони. Эксперимент проводили в опытном саду ФГБНУ ВНИИСПК (Орловская обл.). Объектами исследования были агросерая почва опытного участка и деревья колонновидной яблони сорта Поззия на карликовом подвое 62-396. В качестве почвенных удобрений вносили мочевины и сульфат калия в дозах $N_{60}K_{80}$, $N_{80}K_{120}$, $N_{120}K_{160}$. С 2019 по 2022 г. определяли содержание обменного и водорастворимого кальция в почве, содержание кальция в листьях и плодах, урожайность. За время проведения опыта выявлено снижение содержания обменного кальция во всех вариантах с минеральными удобрениями в среднем на 6-10%. Количество водорастворимого кальция увеличивалось в удобренных вариантах. В 2022 г. наблюдается уменьшение содержания как обменного, так и водорастворимого кальция по сравнению с предыдущими годами, что связано с вымыванием этих форм из изучаемых слоев почвы и возрастающей урожайностью деревьев колонновидной яблони. Содержание кальция в листьях и плодах значительно не различалось по вариантам опыта.

Ключевые слова: обменный кальций, водорастворимый кальций, азотные и калийные удобрения, листья и плоды колонновидной яблони.

Для цитирования: Леонтьева Л.И., Ветрова О.А. Влияние минеральных удобрений на содержание кальция в почве яблоневого сада и кальциевый статус растений колонновидной яблони // Плодородие. – 2025. – №1. – С. 17-20. DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.04.

Важная роль кальция (Са) в минеральном питании растений хорошо известна. Са является составной частью клеточных стенок и мембран, отвечает за структурную и физиологическую стабильность тканей, усиливает обмен веществ в растениях, влияет на активность ферментов и превращение азотистых соединений, а также на физико-химическое состояние протоплазмы – ее вязкость, проницаемость и другие свойства, от которых зависит нормальное протекание биохимических процессов [9, 15]. Основным источником кальция для растений является почва. Дефицит Са в почве отмечается довольно редко, однако под влиянием различных факторов кальциевое питание растений может быть несбалансированным. При этом наблюдаются различные физиологические заболевания: горькая ямчатость у яблок, вершинная гниль плодов у овощных культур (томата, перца, тыквы и др.), краевой ожог листа у салатов [11]. Одним из факторов, влияющих на поступление кальция в растения, является внесение минеральных удобрений. По литературным данным, при внесении калийных и азотных удобрений отмечается снижение содержание в почве наиболее доступной растениям обменной формы кальция [12-14]. Получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур невозможно без применения минеральных удобрений, поэтому необходимо вести наблюдение за содержанием кальция в почве.

Цель исследований – оценить влияние калийных и азотных удобрений на содержание доступных для растений форм кальция в почве и кальциевый статус растений колонновидной яблони.

Методика. Экспериментальный сад заложен в 2016 г. на территории ФГБНУ ВНИИСПК (Орловская обл.). Объект исследований – сорт колонновидной яблони Поззия (селекции ФГБНУ ВНИИСПК) привит на

карликовый подвой 62-396. Деревья среднерослые, пригодны для возделывания в суперинтенсивных садах. Сорт урожайный с высокими товарными качествами плодов, иммунный к парше [8]. Схема посадки деревьев 4 x 1 м, система содержания почвы – черный пар.

Почва опытного участка – агросерая среднесуглинистая (loamy haplic Luvisol) со следующими агрохимическими характеристиками (табл. 1).

1. Агрохимические показатели почвы опытного участка

Слой, см	pH _{KCl}	Гумус, %	K ₂ O	P ₂ O ₅	N _{лг}	Обменный Са, ммоль/100 г	Обменный Mg, ммоль/100 г
0-20	4,65	5,02	113,00	224,00	112,9	16,47	2,91
20-40	4,70	4,72	69,00	222,00	110,1	15,57	2,76

Схема опыта разработана на основе средних зональных доз азота и калия, рекомендованных для интенсивных слабоплодных высокоплотных насаждений яблони, выращиваемых в ЦЧР [10], и включает варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2. $N_{60}K_{80}$; 3. $N_{90}K_{120}$; 4. $N_{120}K_{160}$. Удобрения вносили в форме сульфата калия (K_2SO_4) и мочевины $[(NH_2)_2CO]$ ежегодно весной на глубину 15 см.

Образцы почвы для анализа отбирали на расстоянии 0,3-0,5 м от штамба дерева из двух слоев 0-20 и 20-40 см. Обменный Са экстрагировали 1,0 М раствором NaCl, соотношение почва : раствор 1 : 20. Для определения содержания водорастворимой формы Са использовали соотношение почва : вода 1 : 5 [5]. Листья собирали в последней декаде июля, плоды – во время сбора урожая. Образцы растений озоляли в муфельной печи при 450°C, золу растворяли в 20%-ной HCl. Определение Са в растворе золы и экстрактах почвы проводили комплексометрическим методом с использованием комплексона –

III (EDTA-Na₂) [3]. Урожай плодов учитывали весовым методом с каждого учетного дерева.

Полученные данные обрабатывали методом одно- и двухфакторного дисперсионного анализа с оценкой значимости различий на основе критерия Фишера и НСР при уровне значимости $P=0,05$.

Результаты и их обсуждение. Для получения урожая яблок высокого товарного качества необходимо вести наблюдение за содержанием доступных форм кальция в почве. Одним из главных факторов, влияющих на потери кальция из верхних слоев почвы, является количество атмосферных осадков [4].

Годы	Сумма осадков, мм
<i>Осенне-зимний период (октябрь-март)</i>	
2019-2020	152,8
2020-2021	186,2
2021-2022	165,5
<i>Вегетационный период (апрель-сентябрь)</i>	
2019	287,7
2020	276,6
2021	391,3
2022	423,4

Годы проведения опыта различались между собой по количеству осадков. 2019 и 2020 г. были более засушливые как в осенне-зимний период, так и в течение вегетации. 2021 г. был более увлажненным, максимальное количество осадков отмечено в 2022 г.

В течении четырех вегетационных периодов проводили наблюдения за содержанием наиболее доступных форм кальция для растений – обменной (табл. 2) и водорастворимой.

Почва с высоким содержанием Са легко теряет его в процессе вымывания [1]. Так в осенне-зимние периоды 2020-2021 и 2021-2022 г. выпало больше осадков, чем в предыдущий год, что привело к вымыванию Са в более глубокие слои. Внесение азотных и калийных удобрений, особенно в дозе N₁₂₀K₁₆₀, также способствовало

снижению содержания Са, причем это влияние отмечено на второй год проведения опыта. В слое 20-40 см достоверных различий между вариантами опыта по содержанию обменных форм кальция не выявлено, отмечалось значительное их снижение в 2022 г.

2. Содержание обменного кальция в почве опытного участка, ммоль/100 г почвы

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год)				Среднее по фак- тору А
	2019	2020	2021	2022	
0-20 см					
Контроль (б/у)	16,00	16,19	16,00	15,88	16,01
N ₆₀ K ₈₀	16,00	15,71	16,09	15,32	15,78
N ₉₀ K ₁₂₀	16,19	15,33	15,24	14,86	15,40
N ₁₂₀ K ₁₆₀	16,00	15,43	14,95	14,95	15,33
Среднее по фак- тору В	16,05	15,66	15,57	15,25	
НСР ₀₅ А=0,41 НСР ₀₅ В= 0,41 НСР ₀₅ АВ=0,83					
20-40 см					
Контроль	16,00	16,28	16,47	16,16	16,23
N ₆₀ K ₈₀	16,76	16,38	16,85	16,07	16,51
N ₉₀ K ₁₂₀	16,09	16,57	16,57	15,89	16,28
N ₁₂₀ K ₁₆₀	16,85	16,57	16,00	15,89	16,33
Среднее по фак- тору В	16,42	16,45	16,47	16,00	
НСР ₀₅ А=0,46 НСР ₀₅ В=0,46 НСР ₀₅ АВ=0,92					

Содержание водорастворимого кальция изменялось иначе, чем обменного (рис.). За весь период проведения опыта наблюдается увеличение содержания водорастворимого Са в вариантах с внесением минеральных удобрений. В более влажные 2021 и 2022 г. происходит уменьшение этого показателя по сравнению с предыдущими годами в слоях 0-20 и 20-40 см.

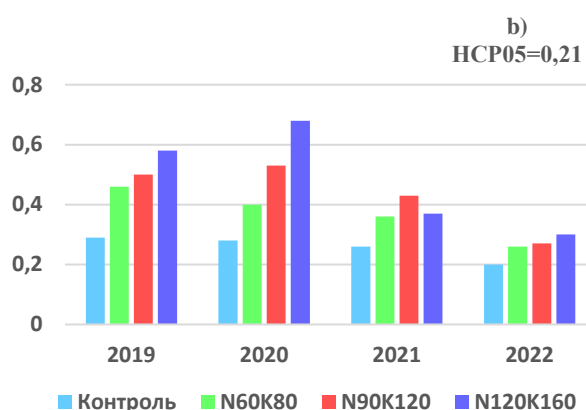
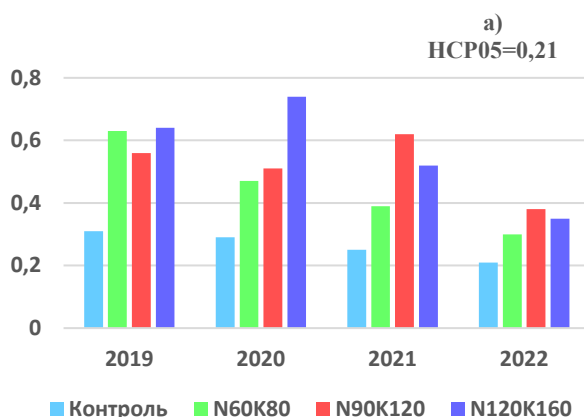


Рис. Содержание водорастворимого кальция в почве опытного участка: а – слой 0-20 см, б – слой 20-40 см, ммоль/100 г почвы

Для оценки условий минерального питания широко применяют листовую диагностику. Оптимальный уровень содержания кальция в листьях яблони составляет 1,3-2 % сухой массы [16]. Внесение удобрений в дозах N₆₀K₈₀, N₉₀K₁₂₀, N₁₂₀K₁₆₀ не оказало значимого влияния на содержание кальция в листьях колонновидной яблони (табл. 3). Однако концентрация Са существенно зависела от метеоусловий изучаемого года. Так в более засушливый 2020 г. содержание Са значительно

увеличивалось, а в годы с большим количеством осадков – снижалось. Несмотря на это, количество Са в листьях оставалось близким к оптимальным пределам во все годы проведения опыта.

Товарное плодоношение колонновидной яблони началось в 2020 г. Применение минеральных удобрений позволило существенно увеличить урожайность плодов (табл. 4). Соответственно увеличился вынос кальция из почвы с плодами (табл. 5).

3. Содержание кальция в листьях колонновидной яблони, % сухой массы

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год)				Среднее по фак- тору А
	2019	2020	2021	2022	
Контроль (б/у)	1,59	1,81	1,26	1,30	1,49
N ₆₀ K ₈₀	1,64	1,74	1,27	1,34	1,50
N ₉₀ K ₁₂₀	1,56	1,74	1,26	1,32	1,47
N ₁₂₀ K ₁₆₀	1,59	1,81	1,29	1,35	1,51
Среднее по фактору В	1,59	1,77	1,27	1,33	

HCP₀₅: A=0,14; B=0,14; AB=0,28

4. Урожайность плодов колонновидной яблони, кг/дерево

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год)			Среднее по фак- тору А
	2020	2021	2022	
Контроль (б/у)	2,66	2,15	6,53	3,78
N ₆₀ K ₈₀	3,32	2,45	8,16	4,64
N ₉₀ K ₁₂₀	3,00	2,69	8,19	4,63
N ₁₂₀ K ₁₆₀	3,64	4,06	9,38	5,69
Среднее по фактору В	3,15	2,84	8,06	

HCP₀₅ A=1,80 HCP₀₅ B=1,56 HCP₀₅ AB=3,11

5. Вынос кальция с урожаем, кг/га

Фактор А (Вариант)	Фактор В (Год)			Среднее по фак- тору А
	2020	2021	2022	
Контроль (б/у)	0,60	0,47	1,32	0,80
N ₆₀ K ₈₀	0,81	0,46	1,75	1,01
N ₉₀ K ₁₂₀	0,78	0,52	1,89	1,06
N ₁₂₀ K ₁₆₀	0,87	0,83	2,25	1,32
Среднее по фактору В	0,76	0,57	1,80	

HCP₀₅ A=0,40 HCP₀₅ B=0,34 HCP₀₅ AB=0,69

Питание кальцием и баланс между Са и другими элементами, в частности калием и магнием, для растений являются ключевыми факторами, влияющими на качество и сохранность плодов. Сорт колонновидной яблони Поэзия – раннезимний, в процессе хранения возможно появление такого физиологического расстройства, как горькая ямчатость. Данные по содержанию минеральных элементов в плодах приведены в таблице 6.

6. Содержание калия, кальция и магния в плодах колонновидной яблони, мг/100г сырой массы (в среднем за 2020–2022 г.)

Вариант	К	Са	Mg
Контроль (б/у)	82,21	8,68	4,75
N ₆₀ K ₈₀	84,04	8,64	4,94
N ₉₀ K ₁₂₀	91,40	8,85	5,08
N ₁₂₀ K ₁₆₀	94,16	9,14	4,94
HCP ₀₅	8,08	0,57	0,34

За три года исследований достоверных различий между вариантами опыта по содержанию кальция и магния в плодах не выявлено. В вариантах с применением калийных удобрений наблюдается значительное увеличение количества калия.

7. Соотношения концентраций минеральных элементов в плодах колонновидной яблони

Вариант	К / Са	К + Mg / Са	Са / Mg
Контроль (б/у)	9,47	10,01	1,83
N ₆₀ K ₈₀	9,72	10,30	1,75
N ₉₀ K ₁₂₀	10,32	10,90	1,72
N ₁₂₀ K ₁₆₀	10,30	10,84	1,85

По данным [7], оптимальное соотношение К/Са находится в пределах 10,2-13,0; при увеличении отношений К/Са может наблюдаться появление горькой ямчатости.

Также высокое значение К + Mg/Ca (≤ 15) и низкое Са/Mg ($1 \leq \text{Са/Mg} \leq 2$) может увеличивать риск возникновения физиологических расстройств [2, 6]. В нашем опыте (табл. 7), несмотря на увеличение содержания калия в плодах в удобренных вариантах, соотношение К, Са и Mg находится в оптимальных пределах, можно прогнозировать отсутствие горькой ямчатости в процессе хранения.

Заключение. Проведенные исследования показали, что ежегодное внесение азотных и калийных удобрений в виде мочевины и сульфата калия способствует снижению содержания обменных форм кальция в агросерой почве яблоневого сада, наиболее существенно в варианте N₁₂₀K₁₆₀. Уменьшение концентрации обменного Са также происходило в более влажные годы. Содержание водорастворимого Са увеличивалось в вариантах с применением удобрений, но снижалось в годы с большим количеством осадков. Несмотря на снижение обменного Са в вариантах с удобрениями, его уровень оставался высоким. Содержание Са в листьях во все годы исследований было близко к оптимальным пределам. Концентрация Са в плодах значительно не различалась между вариантами опыта. Применение минеральных удобрений позволило увеличить продуктивность колонновидной яблони. Однако в связи с угрозой возникновения горькой ямчатости во время хранения, в дальнейшем необходимо вести наблюдения за содержанием доступных форм кальция в почве и балансом элементов в плодах колонновидной яблони.

Литература

- Иванов В.Д., Кузнецова Е.В., Кузнецова Е.С. Функциональная роль и значение кальция в экосистемах: лекции. Воронеж: ФГУ ВПО ВГАУ, 2007. – 142 с.
- Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е., Макаркина М.А., Прудников П.С. Элементный состав плодов яблони сорта Синап орловский при некорневых обработках соединениями кальция и биологически активными веществами // Современное садоводство. – 2017. – №4(24). – С.84-96. DOI: 10.24411/2218-5275-2017-00037 EDN:XMALUP
- Леоничева Е.В., Роева Т.А., Столяров М.Е., Леонтьева Л.И. Изучение минерального состава плодов. – Орел, 2018. – 28 с. EDN:YWLWD
- Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е. Диагностика минерального питания яблони. – Орел, 2021. – 36 с. EDN:LYDKNU
- Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большеева Т.Н. и др. Учебное пособие по агрохимии, 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ им. Ломоносова, 2001. – 355-357.
- Назранов Х.М., Есаулко А.Н., Диданова Е.Н., Бесланев Б.Б. и др. Влияние мульчирования на элементный состав плодов яблони в интенсивном саду // Плодородие. – 2023. – 1(130). – С.28-33. DOI:10.25680/S19948603.2023.130.07 EDN:XAZUBC
- Причко Т. Г., Германова М. Г., Дрофичева Н. В. Способ ранней диагностики и определения предрасположенности плодов яблони к горькой ямчатости при хранении, 2016. EDN:ZEWINF
- Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А., Макаркина М.А. Экологизация интенсивных садов яблони за счет внедрения иммунных к парше сортов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – №4 (63). – С. 8-17. EDN:FMIDNI
- Сидорова Ю.В., Соловьев А.В. Роль химического элемента кальция в питании и жизни растений // Вестник РГАУ. – 2022. – № 43(48). – С. 21-25. EDN:MUJAWC
- Трунов Ю. В. Биологические основы минерального питания яблони. – Воронеж: Кварта, 2013. – 428 с.
- Хорошкин А.Б. Как устранить дефицит кальция // Картофель и овощи. – 2015. – №2. – С. 23-24.
- Якименко В.Н. Влияние длительного применения калийных удобрений на агрохимические свойства почвы // Агрохимия. – 2012. – №12. – С. 41-46. EDN:PHFXSV
- Leonicheva E., Stolyarov M., Roeva T., Leonteva, L. Calcium in the "soil-plant" system of apple orchard when using nitrogen and potash fertilizers. In *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 254, p. 05010. EDP Sciences. DOI:10.1051/e3sconf/202125405010

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

Приведены результаты четырехлетних полевых исследований (2018-2021 г.) по внесению минеральных удобрений (НРК)₉₀ и доломитовой муки под различные сельскохозяйственные культуры. Выявлено положительное влияние минеральных удобрений и СаСО₃ 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