

УДК 634: [631.442.2:631.6]

DOI 10.30679/2219-5335-2023-3-81-261-278

**ПРИМЕНЕНИЕ  
ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ  
НА ВЫСОКОКАРБОНАТНЫХ  
ПОЧВАХ, КАК ЭЛЕМЕНТ  
АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ  
МНОГОЛЕТНИХ НАСАЖДЕНИЙ**

Потанин Дмитрий Валериевич<sup>1</sup>  
канд. с.-х. наук  
доцент кафедры плодовоовощеводства  
и виноградарства  
e-mail: [potanin.07@mail.ru](mailto:potanin.07@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-3724-8758>

Иванова Маргарита Игоревна<sup>2</sup>  
канд. с.-х. наук  
начальник отдела организации  
учета применения средств химизации  
и разработки проектно-сметной  
документации  
e-mail: [imi\\_2712@mail.ru](mailto:imi_2712@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-3749-9525>

Иванченко Вячеслав Иосифович<sup>1</sup>  
д-р. с.-х. наук  
профессор кафедры плодовоовощеводства  
и виноградарства  
e-mail: [magarach.iv@mail.ru](mailto:magarach.iv@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-8545-4233>

<sup>1</sup>*Институт  
«Агротехнологическая академия»  
Федеральное государственное  
автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Крымский федеральный университет  
имени В.И. Вернадского»,  
Симферополь, Крым, Россия*

<sup>2</sup>*Федеральное государственное бюджетное  
учреждение «Центр агрохимической  
службы «Крымский»  
Симферополь, Крым, Россия*

Развитие садоводства требует максимальной  
реализации растениями биологического  
потенциала продуктивности.  
Выращивание многолетних культур  
на высококарбонатных почвах юга России

UDC 634: [631.442.2:631.6]

DOI 10.30679/2219-5335-2023-3-81-261-278

**THE USE OF CHEMICAL  
AMELIORANTS  
ON HIGH-CARBONATE SOILS  
AS AN ELEMENT OF ADAPTIVE  
TECHNOLOGIES  
IN THE CULTIVATION  
OF PERENNIAL PLANTINGS**

Potanin Dmitry Valerievich<sup>1</sup>  
Cand. Agr. Sci.  
Associate Professor of Fruit and Vegetable  
Growing and Viticulture Department  
e-mail: [potanin.07@mail.ru](mailto:potanin.07@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-3724-8758>

Ivanova Margarita Igorevna<sup>2</sup>  
Cand. Agr. Sci.  
Head of the Department  
for the organization of accounting  
for use of chemicals and development  
of design and estimate documentation  
e-mail: [imi\\_2712@mail.ru](mailto:imi_2712@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-3749-9525>

Ivanchenko Vyacheslav Iosifovich<sup>1</sup>  
Dr. Sci. Agr.  
Professor of Fruit and Vegetable  
Growing and Viticulture Department  
e-mail: [magarach.iv@mail.ru](mailto:magarach.iv@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-8545-4233>

<sup>1</sup>*Agrotechnological Academy  
of the Federal State-Owned  
Autonomous Educational  
Establishment  
of Higher Education  
«V.I. Vernadsky Crimean  
Federal University»,  
Simferopol', Republic of Crimea, Russia*

<sup>2</sup>*Federal State Budgetary Institution  
«Center of Agrochemical  
Service «Krymsky»  
Simferopol', Republic of Crimea, Russia*

The development of horticulture requires  
the maximum realization of the biological  
potential of productivity by plants.  
The cultivation of perennial crops  
on high-carbonate soils in the south

и, в частности Крыму, ограничивает наращивание продуктивности слабой доступностью макро- и микроэлементов, содержащихся в почве. Отечественная садоводческая наука пошла по направлению подбора карбонатоустойчивых подвоев и применения некорневых подкормок растений. За рубежом на подобных почвах одновременно изучают возможность снижения карбонатности применением серосодержащих мелиорантов. Данное направление в нашей стране мало изучалось и требует детального рассмотрения в модельных или производственных условиях. Опыт по изучению влияния химического серосодержащего мелиоранта при подготовке почвы под закладку сада проводился в период с 2014 по 2020 гг. При этом применяли в качестве вариантов не только серу гранулированную, но также и как общепринятое в регионе мероприятие – внесение больших доз фосфогипса. Также, в качестве меры по более быстрому переходу серы в активное состояние – один из вариантов был с высевом горчицы в междурядьях сада под последующее измельчение и заделку в почву. За счет внесения гранулированной серы под плантажную обработку достигалось снижение карбонатности почв. При этом применение фосфогипса не оказывало влияния на реакцию почвенного раствора. Применение в качестве химического мелиоранта фосфогипса положительно влияло на продуктивность многолетних насаждений на 35 %, однако достигнуть повышения урожайности возможно за счет использования серы с последующим высевом горчицы в междурядьях (прирост первого урожая в сравнении с контролем составляет 105 %).

*Ключевые слова:* ПЛОДОВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО, АДАПТИВНОЕ САДОВОДСТВО, АКТИВНАЯ КАРБОНАТНОСТЬ ПОЧВ, МЕЛИОРАНТЫ, ПРОДУКТИВНОСТЬ

of Russia and, in particular, the Crimea, limits the increase in productivity by the weak availability of macro- and microelements contained in the soil. Domestic horticultural science has moved in the direction of the selection of carbonate-resistant rootstocks and the application of plant topdressing. Abroad, on similar soils, at the same time, the possibility of reducing carbonate content by using sulfur-containing ameliorants is being studied. This direction has been little studied in our country and requires detailed consideration in model or production conditions. The field trial of studying the effect of chemical sulfur-containing ameliorant in preparing the soil for laying the orchard was carried out in the period from 2014 to 2020. At the same time, not only granulated sulfur was used as options, but also as an event generally accepted in the region – the introduction of large doses of phosphogypsum. Also, as a measure for a faster transition of sulfur to the active state, one of the options was with sowing mustard in the rows of the orchard for subsequent grinding and embedding in the soil. Due to the introduction of granular sulfur for plantage treatment, a decrease in soil carbonate was achieved. At the same time, the application of phosphogypsum had no effect on the reaction of the soil solution. The use of phosphogypsum as a chemical ameliorant positively affected the productivity of perennial plantings by 35%, however, it is possible to achieve an increase in yield capacity through the application of sulfur followed by sowing mustard in row spacing (the increase in the first yield compared to the control is 105 %).

*Key words:* HORTICULTURE, VITICULTURE, ADAPTIVE GARDENING, ACTIVE SOIL CARBONATE, MELIORANTS, PRODUCTIVITY

**Введение.** Плодоводство и виноградарство Крыма сталкивается с одним главным ограничивающим фактором наращивания продуктивности многолетних насаждений – территории основного размещения садов и виноградников в Крыму в основном представлены карбонатными почвами с относительно высоким рН почвенного раствора. На территории Российской Федерации таких почв с химическим составом относительно немного, поэтому научные исследования в направлении снижения негативного влияния активных карбонатов, в целом, существенно меньше в сравнении с решением задач по ликвидации негативного действия кислых или заболоченных почв [1-3]. Однако в других регионах мира, где также сельское хозяйство сталкивается с высококарбонатными почвами, исследования ведутся в различных направлениях с большей прогрессивностью [4-7].

Известно, что при выращивании на карбонатных почвах у большинства плодовых, ягодных культур и привитого винограда наблюдается угнетение роста и развития растений, а также проявляется хлороз, что, соответственно, может усиливать многие сопутствующие физиологические расстройства [8-10]. В частности, обостряется несовместимость сорто-подвойных комбинаций у груши и винограда, а также ухудшается поглощение корнями важных для растений элементов питания (железо, фосфор, сера, магний, марганец, кальций, бор и др.) несмотря на их высокое содержание в почве [11].

Отечественная плодородческая и виноградарская наука, в ходе своего развития, изначально приняла направление по поиску форм растений с высокой экологической адаптивностью к карбонатным почвам, которые в меньшей степени подвергаются явным физиологическим расстройствам и обеспечивают относительно нормальный их рост и развитие [1, 3, 10]. Однако, экологическая пластичность отдельных сортов культур, с генетической точки зрения, может быть достаточно высоко затратной по расходу энергетического потенциала растений, поэтому при её реализации наблюдается одновременное падение продуктивности самих культур [8, 9]. Достигая уровня

продуктивности при внедрении новых высокоинтенсивных технологий, со временем наступает предел потенциальной продуктивности насаждений. Сопоставляя его с другими регионами, сады и виноградники, выращиваемые на высококарбонатных почвах, могут постепенно уступать продуктивностям таких же насаждений, которые выращиваются в более благоприятных для них условиях. С целью повышения продуктивности насаждений, в соответствии с принципом ограничивающих факторов, исследователи стараются использовать методы воздействия на растения в виде применения специальных сложно синтезированных органических удобрений, а также внедряя комплексы некорневых подкормок различных комбинаций составов из макро- и микроудобрений в зависимости от фазы развития растений и на основе расчётов по выносу питательных соединений с урожаем [12-14]. При этом сами учёные и их исследования не отрицают, что в самой почве может быть достаточное количество тех же важных для растений элементов минерального питания, однако, под воздействием карбонатной составляющей, они практически недоступны для поглощения корнями растений [15, 16].

С другой стороны, исследования, проводимые на высококарбонатных и щелочных почвах в Южной Америке и некоторых других регионах мира, идут в несколько ином направлении – проводится поиск методов снижения негативного действия активных карбонатов в самой почве, как агрохимической системе [7, 12, 13]. При этом учёными ставятся задачи в подавлении активной карбонатности и понижении высокого рН среды до уровней, при которых становятся доступными большинство макро- и микроэлементов, изначально содержащихся в почвенном профиле и зоне корнеобитания растений [17-19]. Основным способом при этом является химическая нейтрализация карбонатной составляющей в почве с применением серосодержащих соединений или серы в качестве химических мелиорантов. Представленные в научной литературе результаты исследований показывают, что

данное направление имеет большую перспективу и в нашей стране, особенно учитывая, что в ходе производства и очистки природных энергетических ресурсов в виде нефти и газа до кондиционного товарного состояния побочным продуктом, зачастую, является сера гранулированная. Она, хоть и используется в химической промышленности, однако не в полной мере и в стране существует её избыток, который может использоваться для подобного агрохимического мероприятия, при этом осуществляя одну из главных целей современного сельского хозяйства – сохранения и повышения почвенного плодородия [20, 21].

Цель исследования – провести оценку эффективности химических мелиорантов на высококарбонатных почвах, применяемых при закладке многолетних насаждений.

Задачи исследования:

- изучить влияние химических мелиорантов на свойства почвы на глубине пахотного горизонта;
- определить изменения в доступности элементов питания для растений при использовании химических мелиорантов;
- изучить влияние применения мелиорантов на развитие деревьев яблони и продуктивность в период вступления насаждений в плодоношение.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились в 2014-2016 гг. на базе сельскохозяйственного предприятия в Белогорском районе, который расположен в предгорной зоне Крыма. Тип почв – чернозёмы южные, мицелярно-высококарбонатные сильноосмытые. Объектом исследования выбрана территория под закладку яблоневого сада весенней посадки 2015 года, заложенного саженцами типа «Книп-баум».

Для снижения неблагоприятного влияния карбонатов в почве, которые на данной территории находятся в пределах 28...36 % (рН водной вы-

тяжки – 8,4), была дана рекомендация провести мероприятия, в значительной степени снижающие негативное действие этих веществ.

В качестве мелиоранта, для снижения активной карбонатности почвы, применяли серосодержащее удобрение в виде гранулированной серы, дозой 1000 кг/га под плантажную обработку с оборотом пласта в 2014 г. Дополнительным вариантом принят высев в междурядьях сада горчицы с последующим её измельчением (в стадии бутонизации) и заделкой в почву дискованием. Как вариант исследования также применяли наиболее часто рекомендуемое внесение мелиоранта – фосфогипса в количестве 20 т/га.

Варианты опыта в исследованиях:

1. Без внесения мелиорантов;
2. Гранулированная сера, 1т/га;
3. Гранулированная сера, 1т/га с высевом горчицы в междурядьях сада;
4. Фосфогипс, 20 т/га.

Эффективность нефтяной серы сравнивалась с фосфогипсом в качестве мелиоранта по следующим показателям:

- степень снижения активной карбонатности в почве;
- продолжительность действия мелиорантов;
- изучение активности фотосинтетического аппарата листьев яблони (реакция Каутского) в зависимости от размещения на участках с разными вариантами внесения химических мелиорантов. В качестве измерительного аппарата применялся фотофлуориметр «Флоратест-2»;
- плотность плодов определялась с применением полевого пенетрометра FT444;
- определение преобразования моносахаров из крахмала проводилось йодокрахмальной пробой.

Элементы агрохимического учёта:

- определение рН водной вытяжки почвы в динамике;

– определение содержания активных карбонатов в почве, в % в динамике;

– определение элементов питания (общие – азот, фосфор, калий, кальций, железо, магний, бор, медь, марганец, молибден, цинк) в листьях колоиметрическим методом с применением спектрофотометра.

Продуктивность насаждений определялась на сортах Голден Делишес Рейндерс, Чемпион и Грани Смит. Сортовой состав привит на карликовом подвое М 9. В опыте по продуктивности применялся двухфакторный дисперсионный анализ. В каждом варианте по 3 повторности, по 10 учётных деревьев в повторности.

**Обсуждение результатов.** Для изучения влияния мелиорантов на свойства почвы на глубину пахотного слоя были взяты почвенные пробы в весенний период 2014 г. до их внесения. Установлено, что наибольшее подкисляющее действие на карбонатные почвы оказало внесение гранулированной серы (рис. 1). На этом фоне подкисляющее действие фосфогипса не отмечено в какой бы то ни было степени.

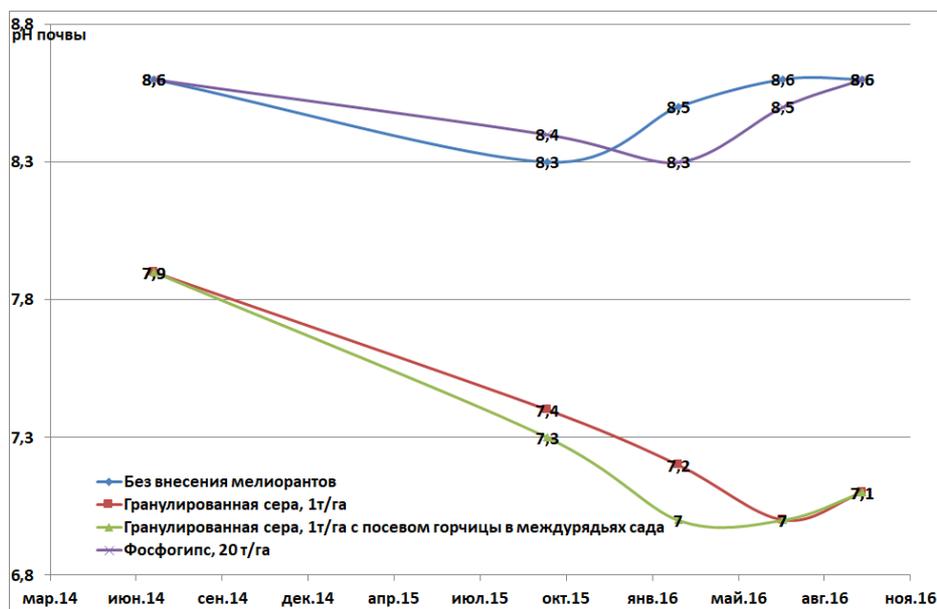


Рис. 1. Динамика реакции почвенного раствора в зависимости от применения химических мелиорантов на глубине 0-60 см (средние данные). Исходная рН почвенного раствора – 8,6

Отмечено, что внесение серы имеет значительное продолжительное действие, поскольку тенденция на снижение рН продолжается даже спустя два года после внесения препарата.

Вероятно, это связано с тем, что сами по себе гранулы нефтяной серы химически нейтральны и начинают процесс подкисления почвы только после её биологического окисления. В литературе описано два основных способа окисления свободной серы через биологический цикл с образованием серной кислоты [6, 13, 16, 19]. Один из способов – бактериальное окисление почвообитающими бактериями, а другой цикл – окисление серы посредством выделений корневых систем некоторых серолюбивых растений. Одним из представителей таких растений является горчица. Кроме способности окисления свободной серы, выделения корней горчицы могут фумигировать почву, уничтожая вредоносную микрофлору и снижая действие почвоутомления.

В целом, процесс окисления серы можно описать формулой:



В то же время щёлочность высококарбонатных почв обусловлена активной карбонатностью. Поэтому реакция среды может уменьшаться лишь при уменьшении концентрации этого активного вещества и связывания его до состояния физиологически и химически нейтрального гипса по формуле:



То есть, подкисление почвы серой должно приводить к значительному снижению активной карбонатности почвы. Это подтверждается полученными нами данными по проводимым опытам на делянках с первоначально критическим для растений яблони содержанием активной извести – 38 %.

В вариантах с использованием гранулированной серы карбонатность падала до значений, приемлемых для нормального развития деревьев яблони, привитых на подвое М9 значений (до 22 %), в то время как при проведении плантажа без внесения мелиоранта, уровень активной карбонатности оставался на том же уровне и не изменялся (рис. 2).

Проводя анализ полученных результатов видно, что тенденция к снижению концентраций активной извести наблюдается в течение полутора лет, а за весь изучаемый период она не вышла за пределы оптимальности для растений яблони.

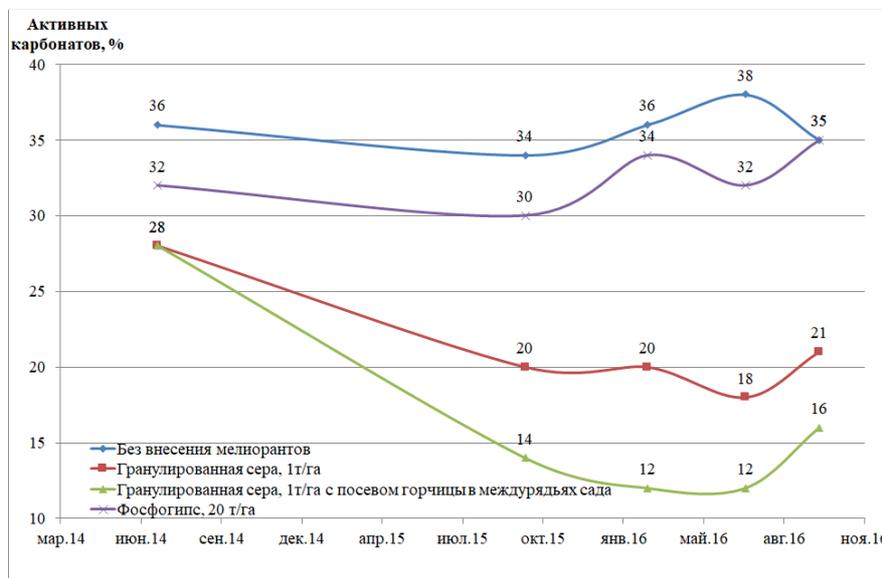


Рис. 2. Динамика изменения активных карбонатов (%) в насаждениях яблони под воздействием химических мелиорантов на глубине 0-60 см (средние данные). Исходное содержание активных карбонатов на участке – 38 %.

Наиболее существенное снижение концентрации активных карбонатов наблюдалось в варианте с внесением серы с последующим высевом в междурядьях сада, в качестве сидерата, горчицы. Это подтверждает большое влияние выделений корневых систем серолюбивых растений на окисление гранул серы. Также, дополнительное снижение активной карбонатности может проявляться при увеличении содержания органического вещества в пахотном горизонте, что и обеспечивает высева сидератов.

Использование химических мелиорантов может глобально менять подвижность элементов питания для растений. Особенно это связано с использованием веществ, которые должны связывать некоторые элементы. Общеизвестно, что многие элементы питания как макро-, так и микроудобрения имеют характер взаимодействия, усиления или антагонистического харак-

тера при нахождении в почвенно-поглощающем комплексе. Высокие концентрации кальция в значительной степени снижают степень поглощения корнями подвижного железа. В то же самое время железо выступает антагонистом потребления магния и т.д.

Значительное изменение реакции почвенного раствора может кардинально повлиять на уровни первоначальной доступности требуемых для растений веществ, переходя при химическом взаимодействии в менее растворимые или вовсе в недоступные формы.

Использование на карбонатных почвах химических мелиорантов, в первую очередь, необходимо для снижения уровня активности извести или ионов кальция, выводя при этом из химического цикла основание угольной кислоты, превратив в воду и углекислый газ. Нами в качестве такого мелиоранта использовалась сера, которая связывает ионы кальция в недоступный ни для растений, ни для химических реакций гипс. При этом за счёт агрессивности ионов серной кислоты к органическому веществу, в процессе его расщепления могут высвободиться и тем самым становиться более доступными азот, связанный магнием, молибден и некоторые другие элементы.

Установлено (табл. 1), что применение в качестве мелиоранта серы делает менее доступными только два основных элемента – железо и бор, в то время, как применение фосфогипса в значительной степени связывает или делает менее доступными целый спектр макро- и микроэлементов – самого кальция, железа, бора, калия др. Следует отметить, что внесение фосфогипса не увеличивает доступность фосфорных соединений. Это связано с тем, что ненасыщенные соединения ортофосфорной кислоты при попадании в высококарбонатную почву связываются дополнительным количеством ионов кальция и становятся полностью замещённым соединением – трёхзамещённой солью ортофосфорной кислоты. Это соединение является совершенно недоступным для корневой системы растений минерально- и химически нейтральным веществом.

Отсутствие в списке дефицитных у варианта с использованием серы щёлочноземельного кальция не является необычным, поскольку для ризосферы растений более доступными являются соединения этого элемента именно в сульфатной форме, чем в карбонатной. Таким образом, гипс для растений – более равномерно потребляемое растением соединение, чем другие формы кальция. В то же время это соединение не вызывает токсикоза у корней растений в случае избытка в почве.

Таблица 1 – Влияние применения почвенных мелиорантов на содержание элементов питания (в мг) в тканях растений яблони (данные листовой диагностики август 2015 г.)

Элемент	Норма (оптимум) концентрации элемента, мг/100 г	Содержание элемента питания по вариантам, мг/100 г			
		Без внесения мелиорантов	Гран. сера, 1 т/га	Гран. сера, 1 т/га с высевом горчицы	Фосфогипс, 20 т/га
Азот (общий)	2,2	2,0	2,6	1,9	2,2
Фосфор (общий)	0,22	0,11	0,24	0,23	0,12
Калий (общий)	1,5	2,4	1,9	2,1	1,1
Кальций	1,8	1,6	1,7	1,8	1,2
Железо	210	120	80	83	85
Магний	0,45	0,42	0,44	0,45	0,43
Бор	50	47	32	31	27
Медь	5,2	6,3	6,2	6,3	6,3
Марганец	200	110	185	180	135
Молибден	0,10	0,09	0,11	0,10	0,09
Цинк	55	47	51	50	45

Одновременно с проводимой листовой диагностикой изучается активность фотосинтетического аппарата (рис. 3). На диаграмме в качестве примера приведены диаграммы учёта активности флуоресценции фотосинтеза (реакция Каутского) листьев яблони сорта Голден Делишес Рейндерс, взятых с участков, на которых применялись различные мелиоранты. Общий вид графиков и интенсивности флуоресценции по другим сортам соответствуют общей тенденции. Установлено, что при использовании в качестве мелиоранта

фосфогипса растения яблони испытывают в июле (засушливый период) паралич фотосинтеза. Это в сильной степени затормаживает биохимические процессы, обеспечивающие накопление растениями физиологически активных веществ, а также органических соединений, которые отвечают как за ростовые процессы у самих деревьев, так и за формирование урожая.

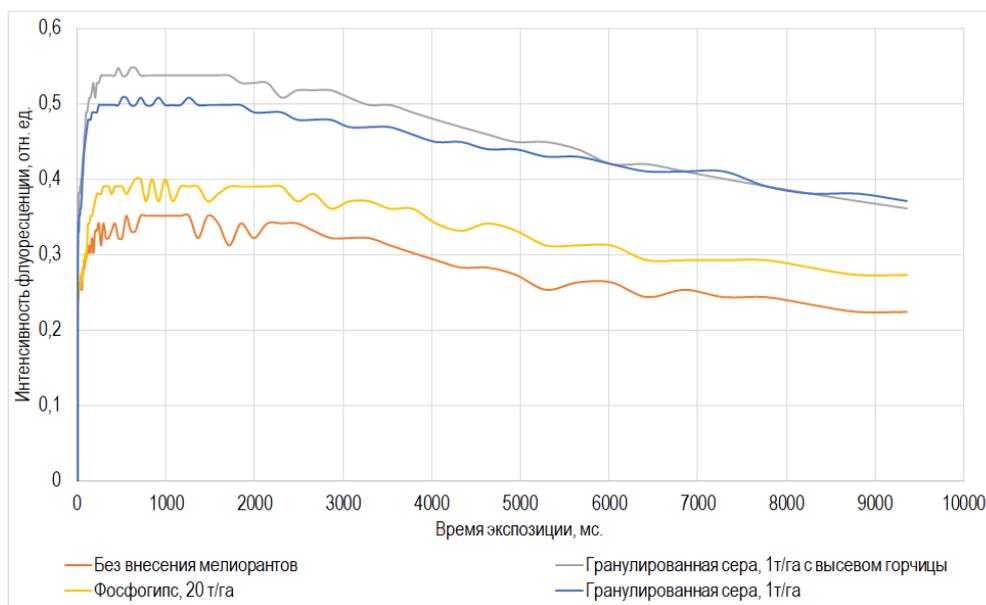


Рис. 3. Активность фотосинтетического аппарата по интенсивности флуоресценции (реакция Каутского) листьев деревьев яблони сорта Голден Делишес Рейндерс, привитых на подвое М.9 в период интенсивного роста побегов (1 декада августа 2015 г.), в зависимости от применяемых мелиорантов перед закладкой многолетних насаждений

При использовании в качестве мелиоранта фосфогипса на 05 сентября наблюдается высокая степень накопления крахмала и низкий уровень расщепления полисахаридов во фруктозу и глюкозу. Так, плоды с деревьев, выращиваемых в варианте с применением фосфогипса, при проведении йодокрахмальной пробы в указанную дату дали максимальное окрашивание по всей поверхности их поперечного разреза.

Одновременно с этим, на участках с использованием серы деревья яблони нормально проходят весь цикл развития, и внутри них происходит как накопление полисахаридов, так и осуществляется их ферментация до изомеров моносахаров, которые обуславливают степень созревания урожая.

В период уборки урожая установлено, что плоды, собранные и заготовленные с участков, где применялись различные химические мелиоранты, в период съёмной зрелости показали отличную по вариантам плотность мякоти (табл. 2). Более плотная мякоть плодов отмечалась в вариантах с применением гранулированной серы, а также в варианте с последующим посевом горчицы в междурядьях, а наименее плотной мякотью – в варианте без применения мелиорантов. В дальнейшем, при последующем хранении плодов сорта в варианте с применением фосфогипса имели несколько более высокую степень физиологического расстройства в процессе их хранения. Так, у них наблюдалась более высокая степень стекловидности мякоти плодов, спустя месяц у сортов Чемпион и Грани Смит стал проявляться тёмный «загар» от хранения, а плоды сорта Голден Делишес Рейндерс раньше начали увядать в сравнении с этими же сортами, выращиваемыми на участках с применением серы.

Таблица 2 – Плотность мякоти плодов яблони (кг/см<sup>2</sup>) в период уборки в зависимости от применения химических мелиорантов перед закладкой многолетних насаждений (урожай 2015 г.)

Варианты применения химических мелиорантов	Сорт		
	Голден Делишес Рейндерс	Чемпион	Грани Смит
Без внесения мелиорантов	7,4	6,5	8,1
Гранулированная сера, 1т/га	8,2	7,3	9,1
Гранулированная сера, 1т/га с высевом горчицы в междурядьях сада	8,8	7,3	9,5
Фосфогипс, 20 т/га	7,5	6,8	8,6
НСР <sub>05</sub> А(мелиоранты)= 0,3; НСР <sub>05</sub> В(сорт)= 0,5; НСР <sub>05</sub> АВ= 1,2; НСР <sub>05</sub> для частных различий = 2,4			

Перечисленные физиологические расстройства в целом присущи данным сортам и могут проявляться в случае низкой степени доступности отдельных элементов. Поэтому они легко устранимы использованием в качестве подкормок этими необходимыми растению веществами. Однако на

участках с использованием серы в качестве мелиоранта, в подобных мероприятиях вовсе нет необходимости.

Физиологическое состояние деревьев, а также уровень доступности минерального питания напрямую влияет на вступление насаждений в продуктивный период, а также сам уровень урожайности.

В наших опытах внесение мелиорантов проводилось за полгода до посадки сада, который закладывался саженцами типа «Книп-баум», то есть с уже сформировавшимися цветковыми почками на боковых ветвях в 2015 году. Поэтому все деревья в изучаемых вариантах цвели и дали первый урожай в 2015 году – в первую вегетацию жизни сада. По уровню урожайности в первую вегетацию деревья практически не имели отличия ни по сортам, ни по вариантам и дали в среднем 34 ц/га. То есть, в первую вегетацию был получен первый промышленный урожай (объём для целесообразного сбора урожая, обеспечивающий частичную окупаемость затрат в текущем году). Однако вследствие влияния почвенных условий, на следующую вегетацию урожайность имела существенную изменчивость (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность насаждений яблони (ц/га)  
в зависимости от внесения химических мелиорантов при закладке сада.  
Данные 2020 года (четвёртая вегетация жизни сада)

Варианты опыта	Сорта			
	Голден Делишес Рейндерс	Чемпион	Грани Смит	Среднее по вариантам
Без внесения мелиорантов	140,0	160,0	184,0	161,3
Гранулированная сера, 1т/га	274,0	273,0	239,0	262,0
Гранулированная сера, 1т/га с высевом горчицы в междурядьях сада	310,0	326,0	356,0	330,7
Фосфогипс, 20 т/га	213,0	227,0	217,0	219,0
Среднее по сорту:	234,25	246,50	249,00	
НСР <sub>05</sub> А(мелиоранты)= 5,4; НСР <sub>05</sub> В(сорт)= 3,7; НСР <sub>05</sub> АВ= 7,2; НСР <sub>05</sub> для частных различий = 12,5				

Представленные данные показывают, что использование в качестве химического мелиоранта гранулированной серы практически вдвое увели-

чивает продуктивность насаждений на четвёртый год (для простого использования серы) и почти в три раза для варианта с последующим высевом горчицы в междурядьях как сидеральной культуры. Это, в первую очередь, свидетельствует о том, что растения физиологически более готовы к закладке генеративных образований и цветковых почек, что ведёт к закладке плодов и повышению урожая. При этом использование фосфогипса как мелиоранта также положительно влияет на продуктивность насаждений, на 35 %.

Проводимые в последующие годы раскопки почвенных профилей на глубину поднятого плантажа показали, что гранулы серы были в полной мере усвоены почвенной микрофлорой, поскольку от них не осталось никаких артефактов, кроме массивных гипсовых включений, предположительно в месте их ранней локализации. Также, в последующие годы стало наблюдаться постепенное выравнивание уровня активной карбонатности, которое практически сравнялось с общим фоном через четыре года после применения этого мелиоранта. Это говорит о том, что при химическом взаимодействии серы как мелиоранта, происходит связывание именно активных карбонатов и извести в почвенном профиле. В то же время имеющиеся в запасе почвы известковые включения (известковый щебень, белоглазка и др.) в целом являются резервом образования активной извести и снижение её активности в глобальном масштабе может быть достигнуто не однократным применением серных мелиорантов, а регулярным подкислением почвенного профиля.

**Выводы.** За счет внесения гранулированной серы под плантажную обработку достигается снижение карбонатности почв. При этом влияние фосфогипса не оказывало влияния на реакцию почвенного раствора.

Существенно снизить концентрацию активных карбонатов возможно при внесении серы с последующим высевом в междурядьях сада горчицы как сидерата, для увеличения содержания органического вещества в пахотном горизонте.

Применение в качестве химического мелиоранта фосфогипса положительно влияло на продуктивность многолетних насаждений – на 35 %, однако достигнуть повышения урожайности возможно за счет использования серы с последующим высевом горчицы в междурядьях (прирост первого урожая в сравнении с контролем составляет 105 %).

#### Литература

1. Метод геоинформационного картирования для эффективного использования плодородия почв под сады [Электронный ресурс] / Савин И.Ю. [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2016. № 40(4). С. 50-57. URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/16/04/06.pdf>. (дата обращения: 07.04.2023).
2. Науменко В.В., Лопаткина Е.В., Зимин Г.В. Оценка долины Западного Маныча для закладки виноградников // Русский виноград. 2019. Т. 10. С. 167-178. DOI: 10.32904/2412-9836-2019-10-167-178. EDN: IJENPR.
3. Luk'yanov A.A., Puchkov V.N. Turn-carbonate soils for crop of vine // Colloquium-Journal. 2018. № 10-7(21). P. 37-41. EDN: YLVZIL.
4. Плугатарь Ю.В. и др. Состав, свойства и рациональное использование почв садовых агроценозов долины Р. Салгир (на примере отделения Никитского ботанического сада «Крымская опытная станция садоводства») // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2019. Т. 148. С. 5-21. DOI: 10.25684/NBG.sbook.148.2019.01. EDN: MLDOOU.
5. Lisowska A. et al. Preparation, Characterization of Granulated Sulfur Fertilizers and Their Effects on a Sandy Soils // Materials. 2022. Vol. 15. 612. DOI:10.3390/ma15020612
6. Malik K.M. et al. Organic Amendments and Elemental Sulfur Stimulate Microbial Biomass and Sulfur Oxidation in Alkaline Subtropical Soils // Agronomy. 2021. Vol. 11(12). 2514. DOI: 10.3390/agronomy11122514
7. Valle S.F. et al. Co-fertilization of Sulfur and Struvite-Phosphorus in a Slow-Release Fertilizer Improves Soybean Cultivation // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. 861574. DOI: 10.3389/fpls.2022.861574
8. Акчурина А.Р., Костенко И.В. К оценке пригодности аллювиально-луговых почв Крыма под виноградники // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2008. Т. 130. С. 16-24. EDN UMMACX.
9. Лукьянов А.А. Виноградопригодные почвы (чернозем южный и дерново-карбонатная почва) Краснодарского края [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 49(1). С. 95-106. URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/18/01/09.pdf>. (дата обращения: 07.04.2023).
10. Фисун М.Н., Егорова Е.М., Сиротенко Е.С., Волков В.А. Характер и степень поражения сортов винограда неинфекционным хлорозом // Евразийский союз ученых. 2019. № 6-2(63). С. 32-36. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.63.165. EDN: QQEIJ.
11. Jiang Y. et al. Growth, Fruit Yield, Photosynthetic Characteristics, and Leaf Microelement Concentration of Two Blueberry Cultivars under Different Long-Term Soil pH Treatments // Agronomy. 2019. Vol. 9. 357. DOI: 10.3390/agronomy9070357
12. Dall'Orsoletta D.J., Mumbach G.L., Brignoli F.M., Gatiboni L.C. Elemental sulfur recommendation for pH reduction in soils from Southern Brazil // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2022. Vol. 26. P. 212-218. DOI: 10.1590/1807-1929/agri-ambi.v26n3p212-218

13. Malik K.M., Khan K.S., Akhtar M.S., Ahmed Z.I. Sulfur Distribution and Availability in Alkaline Subtropical Soils Affected by Organic Amendments // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. Vol. 20. P. 2253-2266. DOI: 10.1007/s42729-020-00292-0
14. de Castro Pias O.H. et al. Crop Yield Responses to Sulfur Fertilization in Brazilian No-Till Soils: a Systematic Review // *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2019. Vol. 43. e0180078. DOI: 10.1590/18069657rbc20180078
15. Lisowska A. et al. Environmental and Production Aspects of Using Fertilizers Based on Waste Elemental Sulfur and Organic Materials // *Materials*. 2022. Vol. 15. 3387. DOI: 10.3390/ma15093387
16. Zenda T., Liu S., Dong A., Duan H. Revisiting Sulphur – The Once Neglected Nutrient: It's Roles in Plant Growth, Metabolism, Stress Tolerance and Crop Production // *Agriculture*. 2021. Vol. 11(7). 626. DOI:10.3390/agriculture11070626
17. Choriantopoulou S., Bouranis D. The Role of Sulfur in Agronomic Biofortification with Essential Micronutrients // *Plants*. 2022. Vol. 11 (15). 1979. DOI: 10.3390/plants11151979
18. Fuentes-Lara L.O. From Elemental Sulfur to Hydrogen Sulfide in Agricultural Soils and Plants // *Molecules*. 2019. Vol. 24. 2282. DOI: 10.3390/molecules24122282
19. Narayan O., Kumar P., Yadav B., Dua M., Johri A. Sulfur nutrition and its role in plant growth and development // *Plant Signaling & Behavior*. 2022. Vol. 17. 2030082. DOI:10.1080/15592324.2022.2030082
20. Tabak M., Lisowska A., Filipek-Mazur B. Bioavailability of Sulfur from Waste Obtained during Biogas Desulfurization and the Effect of Sulfur on Soil Acidity and Biological Activity // *Processes*. 2020. Vol. 8(7). 863. DOI: 10.3390/pr8070863
21. Wagenfeld J.G. et al. Sustainable applications utilizing sulfur, a by-product from oil and gas industry: A state-of-the-art review // *Waste Management*. 2019. Vol. 95. P. 78-89. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.06.002

### References

1. The method of geoinformation mapping for the effective use of soil fertility for gardens [Electronic resource] / Savin I.Yu. [et al.] // *Fruit growing and wine growing in the South of Russia*. 2016. No. 40(4). pp. 50-57. URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/16/04/06.pdf>. (in Russian)
2. Naumenko V.V., Lopatkina E.V., Zimin G.V. Western Manych Valley assessment for planting vineyards // *Russian grape*. 2019. Vol. 10. P. 167-178. DOI 10.32904/2412-9836-2019-10-167-178. EDN IJENPR. (in Russian)
3. Luk'yanov A.A., Puchkov V.N. Turn-carbonate soils for crop of vine // *Colloquium-Journal*. 2018. № 10-7(21). P. 37-41. EDN: YLVZIL.
4. Plugatar Yu.V. et al. Composition, properties and rational use of soils of garden agrocenoses of Salgir River valley (the case of «Crimean experimental Station of gardening», the department of the Nikitsky Botanical Gardens) // *Works of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2019. Vol. 148. P. 5-21. DOI: 10.25684/NBG.scbook.148.2019.01. EDN: MLDOOU. (in Russian)
5. Lisowska A. et al. Preparation, Characterization of Granulated Sulfur Fertilizers and Their Effects on a Sandy Soils // *Materials*. 2022. Vol. 15. 612. DOI:10.3390/ma15020612
6. Malik K.M. et al. Organic Amendments and Elemental Sulfur Stimulate Microbial Biomass and Sulfur Oxidation in Alkaline Subtropical Soils // *Agronomy*. 2021. Vol. 11(12). 2514. DOI: 10.3390/agronomy11122514
7. Valle S.F. et al. Co-fertilization of Sulfur and Struvite-Phosphorus in a Slow-Release Fertilizer Improves Soybean Cultivation // *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. 861574. DOI: 10.3389/fpls.2022.861574

8. Akchurin A.R., Kostenko I.V. The evaluation of suitability of the Crimean alluvia-meadow soils under vineyards // Works of the State Nikitsky Botanical Garden. 2008. Vol. 130. P. 16-24. EDN: UMMACX. ([in Russian](#))

9. Lukyanov A.A. Viticultural soils (southern chernozem and sod-carbonate soil) of Krasnodar Krai [Electronic resource] // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2018. No. 49(1). pp. 95-106. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/18/01/09.pdf>. (accessed: 07.04.2023). ([in Russian](#))

10. Fisun M.N., Egorova E.M., Sirotenko E.S., Volkov V.A. The nature and degree of damage to grape varieties by non-infectious chlorosis // Eurasian Union of Scientists. 2019. № 6-2(63). P. 32-36. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.63.165. EDN: QQEIII. ([in Russian](#))

11. Jiang Y. et al. Growth, Fruit Yield, Photosynthetic Characteristics, and Leaf Microelement Concentration of Two Blueberry Cultivars under Different Long-Term Soil pH Treatments // Agronomy. 2019. Vol. 9. 357. DOI: 10.3390/agronomy9070357

12. Dall'Orsoletta D.J., Mumbach G.L., Brignoli F.M., Gatiboni L.C. Elemental sulfur recommendation for pH reduction in soils from Southern Brazil // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2022. Vol. 26. P. 212-218. DOI: 10.1590/1807-1929/agri-ambi.v26n3p212-218

13. Malik K.M., Khan K.S., Akhtar M.S., Ahmed Z.I. Sulfur Distribution and Availability in Alkaline Subtropical Soils Affected by Organic Amendments // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2020. Vol. 20. P. 2253-2266. DOI: 10.1007/s42729-020-00292-0

14. de Castro Pias O.H. et al. Crop Yield Responses to Sulfur Fertilization in Brazilian No-Till Soils: a Systematic Review // Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2019. Vol. 43. e0180078. DOI: 10.1590/18069657rbcsc20180078

15. Lisowska A. et al. Environmental and Production Aspects of Using Fertilizers Based on Waste Elemental Sulfur and Organic Materials // Materials. 2022. Vol. 15. 3387. DOI: 10.3390/ma15093387

16. Zenda T., Liu S., Dong A., Duan H. Revisiting Sulphur—The Once Neglected Nutrient: It's Roles in Plant Growth, Metabolism, Stress Tolerance and Crop Production // Agriculture. 2021. Vol. 11(7). 626. DOI:10.3390/agriculture11070626

17. Chorianoopoulou S., Bouranis D. The Role of Sulfur in Agronomic Biofortification with Essential Micronutrients // Plants. 2022. Vol. 11 (15). 1979. DOI: 10.3390/plants11151979

18. Fuentes-Lara L.O. From Elemental Sulfur to Hydrogen Sulfide in Agricultural Soils and Plants // Molecules. 2019. Vol. 24. 2282. DOI: 10.3390/molecules24122282

19. Narayan O., Kumar P., Yadav B., Dua M., Johri A. Sulfur nutrition and its role in plant growth and development // Plant Signaling & Behavior. 2022. Vol. 17. 2030082. DOI:10.1080/15592324.2022.2030082

20. Tabak M., Lisowska A., Filipek-Mazur B. Bioavailability of Sulfur from Waste Obtained during Biogas Desulfurization and the Effect of Sulfur on Soil Acidity and Biological Activity // Processes. 2020. Vol. 8(7). 863. DOI: 10.3390/pr8070863

21. Wagenfeld J.G. et al. Sustainable applications utilizing sulfur, a by-product from oil and gas industry: A state-of-the-art review // Waste Management. 2019. Vol. 95. P. 78-89. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.06.002