ФОСАГРО®

ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА

Содержание

2 Введение

5 Применение фосфогипса

6 Рекомендации по применению
7 Фосфогипс на солонцах
7 Фосфогипс на орошении
8 Фосфогипс в системе NO-TILL
8 Фосфогипс для повышения плодородия почвы
9 Фосфогипс как комплексное удобрение

10 Машины для внесения фосфогипса
11 Прицепной распределитель ZG-B 8200
13 Разбрасыватель органических удобрений многофункциональный РОУМ-20 (24) «Хозяин»
14 Универсальный распределитель материалов «Ярославич» УРМ-10м

15 Результаты применения фосфогипса
16 Соя
19 Ячмень яровой, сорт Медикум-139
23 Ячмень яровой, сорт Беркут
27 Сахарная свекла
31 Морковь столовая
34 Томат
38 Земляника садовая
41 Яблоня

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия устойчивого развития страны в агроэкологической сфере должна строиться на сохранении и восстановлении естественных экосистем, стабилизации и улучшении качества окружающей среды, организации переработки и применении побочных продуктов и отходов промышленности. Эффективное и экологически безопасное использование побочных продуктов производства минеральных удобрений справедливо связывают с проблемой рационального использования природных ресурсов. При этом решается комплекс важнейших задач: более полного использования сырьевых ресурсов, улучшения экологической обстановки в регионе и экономически эффективного повышения плодородия почв.
В ряду таких продуктов находится фосфогипс (ФГ) производства Балаковского филиала АО «Апатит», использование которого в земледелии может существенно улучшить физико-химические свойства почв, их водно-воздушный и пищевой режим, увеличить содержание обменного кальция в ППК, серы, фосфора, кремния и ряда микроэлементов.

В связи с этим одной из основных задач мы ставим разработку научно обоснованных норм и способов применения фосфогипса для получения экологически безопасной растениеводческой продукции. Из вышеизложенного вытекает актуальность и необходимость проведения исследований по оценке влияния фосфогипса на комплекс агрохимических, физико-химических показателей почвенного плодородия, урожайность и качество продукции различных сельскохозяйственных культур.

РЕЦЕНЗИЯ на методическое руководство в виде буклета по применению фосфогипса в сельскохозяйственном производстве, разработанное компанией «ФосАгро».

Методическое руководство подготовлено на основе материалов многолетних исследований и предназначено для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий, фермерских хозяйств, собственников земельных участков и землепользователей, руководителей и специалистов органов управления агропромышленным комплексом разных уровней, работников агрохимической службы, научно-исследовательских и проектно-технологических учреждений, службы сервиса АПК, специалистов, занимающихся вопросами сохранения и воспроизводства плодородия почв, работников отрасли растениеводства и земледелия.

В буклете представлены рекомендации по уровням и объемам применения фосфогипса, приведена характеристика мелиоранта, показаны особенности его внесения на солонцовых почвах и в условиях орошения. Интересной и принципиально новой разработкой является прием использования фосфогипса в технологии No-Till. Правомерными и научно обоснованными являются рекомендации по применению фосфогипса как комплексного кальций-фосфор-серно-кремниевого удобрения на различных сельскохозяйственных культурах. Важным моментом является то, что приведены расчеты окупаемости затрат на применение фосфогипса.

Методическое руководство содержит также рекомендации по оснащению хозяйств машинами для внесения фосфогипса.

Руководство разработано для наиболее рационального, эффективного и экологически безопасного применения фосфогипса, обеспечивающего сохранение и поддержание достигнутого уровня плодородия почв, гарантирующего получение максимально высоких урожаев всех возделываемых сельскохозяйственных культур.

Заведующая группой агрохимии известковых удобрений и химической мелиорации
ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»,
доктор биологических наук, профессор

Аканова Наталья Ивановна

Применение фосфогипса

Химическая мелиорация почв – один из важных сельскохозяйственных приемов нашего времени.

«Здоровые почвы являются основной предпосылкой для удовлетворения разнообразных потребностей в пище, энергии, волокне, кормах и других продуктах, а также для обеспечения предоставления основных экосистемных услуг во всех регионах мира».
(The revised World Soil Charter, 2015)

Для сохранения почвенного плодородия и здоровья почвы применения минеральных удобрений недостаточно, необходимо применять мелиоранты. Мелиоранты значительно улучшают почвенное плодородие, повышают эффективность использования удобрений.

В качестве мелиоранта можно использовать доломитовую или известковую муку. Обычно эти мелиоранты применяют на кислых почвах, но более широким спектром применения обладает фосфогипс, полученный из апатитового концентрата с Кольского полуострова, который не содержит опасных концентраций тяжелых металлов и других токсичных примесей, которые могут встречаться в природных отложениях извести.

В фосфогипсе, кроме кальция, содержатся необходимые для полноценного развития растений элементы: фосфор, сера, кремний и даже цинк (таблица 1).

Таблица 1 – Состав фосфогипса и количество элементов питания, поступающих в почву

Состав	%, не менее	Поступит на 1 га при норме 4 т/га
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	92	–
Ca	22	880 кг/га
SO_3	38	1 520 кг/га
P_2O_5	1	40 кг/га
SiO_2	0,26	10,4 кг/га
Zn	0,03	1,2 кг/га

P — **Фосфор** важен для всех сельскохозяйственных культур, он улучшает плодоношение, повышает устойчивость культур к перепадам температур, является основным элементом, регулирующим качество зерна.

S — **Сера** играет важную роль в формировании тургора растений, участвует в метаболических процессах, включая фотосинтез.

Si — **Кремний** позволяет растениям лучше пережить стрессовые ситуации. Кремний дает механическую прочность растениям, укрепляет стенки клеток, приводит к увеличению площади листьев, снижает опасность полегания посевов и поражения их болезнями и повреждения вредителями. Выступает кремний и как стимулятор развития корневой системы. В ряде опытов, проводимых с кремнийсодержащими препаратами совместно с ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, было отмечено увеличение энергии прорастания семян и увеличение урожайности на 1,5-2 ц/га.

Zn — **Цинк** необходим всем зерновым культурам, особенно кукурузе и рису.

Рекомендации по применению

ФОСФОГИПС НА СОЛОНЦАХ

Солонцы – это почвы с высоким содержанием обменного Na в ППК. Почвы с такими показателями быстро заплывают, имеют высокую равновесную плотность, при механической обработке образуются глыбы, не поддающиеся выравниванию. Сроки посева на данном типе почв крайне ограничены, что негативно сказывается на формировании растений и будущего урожая. Решить подобную проблему можно методом химической мелиорации – внесением расчетных доз фосфогипса от 3 до 20 т/га в зависимости от содержания обменного натрия в почве.

Для солонцов и солонцовых почв фосфогипс применяют в дозе от 6 до 20 т/га в зависимости от типа и степени засоления и на основании агрохимического анализа почвы.

ФОСФОГИПС НА ОРОШЕНИИ

Известно, что дождь средней интенсивности передает 1 квадратному метру почвы энергию, равную силе взрыва гранаты. При этом происходит деструктуризация поверхностного слоя, образование многочисленных тупиковых пор, снижение газообмена в почве. Происходит резкое ухудшение физических свойств почвы, плотность в корнеобитаемом горизонте достигает плотности строительного кирпича и превышает ее. Внесение фосфогипса в дозе 1–5 т/га поможет решить проблему. Так, в результате всего однолетнего применения фосфогипса в дозе 1, 3 и 5 т/га в почву состояние растений кукурузы сильно отличалось (рисунок 1). При дозе 3 и 5 т/га растения дольше оставались зелеными и имели более выполненный початок.

Рисунок 1 – Применение фосфогипса на орошении в Саратовской области, 2020 г.

Доза внесения – 5 т/га | Доза внесения – 3 т/га | Доза внесения – 1 т/га | Солонцовые почвы на орошении

Фосфогипс вносили с осени 2019 года совместно с НИИСХ Юго-Востока.
На фото вид растений при проведении обследования 22.09.2020 г.

На орошении с очагами солонца рекомендуется вносить фосфогипс раз в 2-3 года осенью в дозе 3–5 т/га.

При внесении 4 т/га фосфогипса в почву вносится от 40 до 50 кг/га P_2O_5, а также кальций и сера, необходимые для роста и развития растений.

* Указана биологическая урожайность

ФОСФОГИПС В СИСТЕМЕ NO-TILL

Помимо традиционных технологий обработки почвы, фосфогипс может широко применяться в технологии No-Till. Хоть и более медленно, чем при отвальной обработке почвы, но происходит сдвиг в сторону формирования агрономически ценных агрегатов (2–5 мм), процессы разуплотнения поверхностного слоя наблюдаются уже на третий год после применения. Это связано с тем, что частицы фосфогипса обладают способностью к миграции в глубокие слои почвы, обеспечивая в зоне развития корневых систем и присутствия достаточного количества влаги необходимую растениям концентрацию элементов питания: фосфора, серы, кальция и микроэлементов. Ускорение процесса будет идти при комбинировании технологий No-Till и орошения.

На No-Till рекомендуется ежегодно применять в осенне-зимний период фосфогипс в дозе 2–3 т/га (в зонах с недостаточным увлажнением) или раз в 2–3 года в дозе 3–8 т/га в зонах избыточного увлажнения или на орошении.

ФОСФОГИПС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

В 2018 году проводились опыты на подсолнечнике сорта Махаон в Саратовской области в условиях классической системы обработки почвы. Наилучший результат был достигнут при применении 4 т/га фосфогипса. Изменился один из главных показателей почвы – ее плотность.

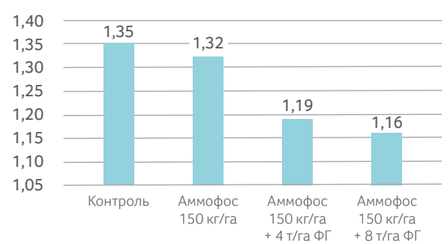
Для большинства культур предельной плотностью почвы в корнеобитаемом горизонте считают 1,22 г/см^3. В слое почвы 0–30 см плотность почвы на контроле составила 1,31 г/см^3, в варианте с использованием фосфогипса в количестве 4 т/га плотность уменьшилась на 12% и составила 1,19 г/см^3 (диаграмма 1).

Применение фосфогипса увеличило содержание в почве нитратного азота. Увеличилось также и количество доступного фосфора. Благодаря лучшей аэрации почвы активизируется работа бактерий и другой микрофлоры, что способствует разложению органического вещества почвы и фиксации азота из воздуха, так как при использовании 4 т фосфогипса мы вносим дополнительно до 40 кг фосфора по д.в. на гектар.

Таблица 2 – Содержание питательных веществ в посевах подсолнечника, слой 0–30 см

Варианты опыта	Содержание в почве				pH (H_2O)
	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	Гумус	
	мг/кг			%	
Контроль	3,6	30,6	280	1,9	6,38
Аммофос – фон	4,1	37,4	285	2,0	5,88
Фон + 4 т/га ФГ	4,8	39,2	320	2,2	6,90
Фон + 8 т/га ФГ	5,1	43,9	349	2,1	7,20

Диаграмма 1 – Плотность почвы в слое 0–30 см в посевах подсолнечника, г/см^3, с. Степное Саратовской обл.



По данным ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2018 г.

Высокая плотность почвы снижает возможность гибридов и сортов сельскохозяйственных культур раскрыть свой потенциал, заложенный селекционерами. Для повышения почвенного плодородия и восстановления структуры почвы рекомендуется вносить фосфогипс в дозе 1–2 т/га ежегодно (весной) или 3–8 т/га раз в 3 года (осенью).

ФОСФОГИПС КАК КОМПЛЕКСНОЕ УДОБРЕНИЕ

Одними из главных показателей эффективности любого агроприема являются урожайность и качество полученной продукции. При использовании фосфогипса в опыте Саратовского ГАУ в 2018 году по сравнению с контролем увеличилась масличность семян, а суммарная прибавка урожая составила 0,65 т/га. То есть при стоимости маслосемян 25 000 руб./т и стоимости внесения 4 т/га фосфогипса – 4 000 руб./га (с учетом доставки и внесения) дополнительный доход для хозяйства оценивается в 12 250 руб./га (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность подсолнечника

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
Контроль	1,63	–	–
Фон	2,05	0,42	25,8
Фон + 4 т/га ФГ	2,28	0,65	39,9
Фон + 8 т/га ФГ	2,33	0,70	42,9

В трехлетнем опыте ВНИИКХ им. А.Г. Лорха внесение фосфогипса на картофеле способствовало увеличению общей урожайности на 14,8–34,2% и товарности клубней. При внесении 1,5 т/га фосфогипса был получен максимальный товарный урожай клубней, содержание сухого вещества составляло 22,9%, крахмала – 15,5%, что выше фонового варианта на 1,2% и 0,3% соответственно. Содержание нитратов в клубнях было значительно ниже ПДК. В вариантах с использованием фосфогипса содержание нитратов было 79–106 мг/кг, что достоверно меньше в сравнении с фоновым вариантом на 33,7–15,5%.

Таблица 4 – Влияние фосфогипса на выход питательно ценных компонентов картофеля, 2016 год

Варианты опыта, доза ФГ, т/га	Урожайность товарной фракции, т/га	Выход		
		сухого вещества, ц/га	крахмала, ц/га	витамина С, кг/га
N90P90K180 – фон	20,1	43,6	30,6	3,6
Фон + 0,5 т/га ФГ	26,3	62,6	40,2	4,4
Фон + 1,0 т/га ФГ	27,7	54,3	41,8	4,7
Фон + 1,5 т/га ФГ	30,3	69,4	47,0	5,3
Фон + 3,0 т/га ФГ	28,5	68,7	43,9	4,8

Машины для внесения фосфогипса

«Внесение пылевидных мелиорантов требует специализированной техники. Выбор техники зависит от возможностей хозяйства и целевых объемов внесения мелиорантов на гектар. Например, для средних хозяйств с кислыми почвами, планирующих применять фосфогипс ежегодно в дозе 1,2–1,5 т/га в качестве почвоулучшителя и многокомпонентного удобрения, с постепенным повышением pH, подойдет прицепной распределитель удобрений от компании AMAZONE ZG-B 8200.

ПРИЦЕПНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ ZG-B 8200

- Устойчивое и прочное шасси, рассчитанное на скорость до 50 км/ч.
- Большой клиренс и большие шины позволяют эксплуатацию даже в тяжелейших условиях.
- Большой бункер объемом 5 500 литров или 8 200 литров экономит время на подъезд к полю и загрузку.
- Большое загрузочное отверстие обеспечивает простой процесс заполнения с силосного элеватора или погрузчика.
- Отвесные стенки бункера обеспечивают соскальзывание удобрений даже на склонах.
- Износостойкий ленточный транспортер с автоматическим управлением.

Модель	ZG-B 8200
Объем бункера, л	8 200
Собственная масса, кг	2 500–3 500
Допустимая общая масса, кг	8 000–12 000
Полезная нагрузка на дорогах общего пользования, кг	5 800–9 800
Ширина заполнения, м	3,45
Общая длина, м	6,70
Общая ширина (в зависимости от установленных шин), м	2,26–2,75
Общая длина (в зависимости от установленных шин), м	2,26–3,10

Расчет окупаемости затрат на внесение фосфогипса

АО «РосАгроЛизинг» предлагает сельхозпроизводителям специальные программы поддержки и лизинга на прицепные разбрасыватели для внесения фосфогипса.

На примере разбрасывателя ZG-B 8200 совместно со специалистами АО «РосАгроЛизинг» подготовлен расчет окупаемости внесения фосфогипса **из расчета на 3 года** на солонцеватых почвах Саратовской области при последовательном выращивании на удобренном поле основных культур региона: кукурузы, подсолнечника и сои.

Площадь угодий, га	Без внесения ФГ	С внесением ФГ
	1 000	1 000
Урожайность, т/га		
• Кукуруза, 1-й год выращивания	3,7	5,5
• Подсолнечник, 2-й год выращивания	1,6	2,0
• Соя, 3-й год выращивания	0,8	1,0
Общий сбор (на 1 000 га)		
• Кукуруза, 1-й год выращивания	3 690	5 535
• Подсолнечник, 2-й год выращивания	1 620	2 025
• Соя, 3-й год выращивания	800	1 040
Стоимость, руб./тонна		
• Кукуруза	9 394	9 394
• Подсолнечник	16 865	16 865
• Соя	20 165	20 165
Выручка, рублей	78 120 717	107 124 042
• Кукуруза, 1-й год выращивания	34 666 147	51 999 221
• Подсолнечник, 2-й год выращивания	27 322 401	34 153 002
• Соя, 3-й год выращивания	16 132 168	20 971 818
Затраты на внесение ФГ, руб.	0	6 834 049
Стоимость ФГ (на 1000 га) с учетом доставки и внесения (1 раз в 3 года), руб.	0	2 000 000
Стоимость приобретения техники в лизинг (разбрасыватель RSZG332), руб.	0	4 765 919
Дополнительное оборудование для разбрасывателя (диски для извести), руб.	–	68 130
ИТОГО, руб.	78 120 717	100 289 992

РАЗБРАСЫВАТЕЛЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ РОУМ-20 (24) «ХОЗЯИН»

- Инновационная конструкция бункера со съемными панелями позволяет выбирать материал их исполнения (сталь, нержавеющую сталь, дерево и т. д.).
- Двухдорожечный транспортер из круглозвенной высокопрочной цепи, которая состоит из элементов, соединенных скобами. Это позволяет значительно снизить трудозатраты при наладке и техническом обслуживании транспортера.
- Широкоугольный карданный вал с предохранительной муфтой от перегрузки узла привода битеров и муфтой свободного хода, чтобы избежать пассивного проворачивания валов в трансмиссии трактора.
- Гидравлическое блокирующее устройство управляемых осей для использования во время движения по дорогам общего пользования и движения задним ходом.
- 2 битера (пр-ва Италии) большого диаметра с ножами и лопастями обеспечивают равномерное центральное и боковое распределение материала. Общая ширина эффективного распределения составляет 24–25 м, что позволяет сократить количество прогонов машины по возделываемой площади.
- Шины больших размеров препятствуют чрезмерной утрамбовке обрабатываемой почвы и повышают проходимость прицепа по бездорожью.

Модель	РОУМ-20 (24) «ХОЗЯИН»
Грузоподъемность, т	20 (24)
Объем перевозимой органики, щепы / зеленой массы (с наращенными бортами), м^3	21 (30)
Ширина разбрасывания, м	20–25
Рабочая скорость, не более, км/ч	15
Масса с разбрасывающим устройством, кг	10 000
Размеры, мм: - длина - ширина - высота по разбрасывающему устройству	 9 260 2 550 3 500
Ширина колеи, мм	1 920
Привод тормозов	пневматический
Задний гидроборт	есть
Привод транспортера	гидравлический
Мощность трактора, мин., л. с.	300

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ МЕЛИОРАНТОВ «ЯРОСЛАВИЧ» УРМ-10М

- Двухконтурная гидравлическая система с тандемом насосов высокого давления обеспечивает стабильность оборотов модуля тарелок и транспортера.
- Использование подвески с двумя осями обеспечивает низкий уровень давления на грунт.
- Питание рабочих органов обеспечивается независимой гидравлической станцией.
- Распределитель изготовлен из высококачественных легированных сталей. Прочность рамы и кузова подтверждена расчетом с использованием современных технологий.
- Отвесные стенки бункера обеспечивают соскальзывание удобрений даже при работе на склонах.
- Вместимость бункера в 8 кубических метров экономит время на переезд к полю и загрузку.
- Прочная и надежная ходовая часть ADR TEKNOAX – надежность, проверенная десятилетиями, – обеспечивает скорость транспортировки с максимальной загрузкой 30 км/ч.
- Распределитель имеет большой дорожный просвет – 400 мм.
- Привод рабочих органов осуществляется через редукторы, не требующие постоянного обслуживания, работающие в масляном картере и имеющие защиту от перегрузок.

Модель	ZG-B 8200
Грузоподъемность, т	12
Вместимость бункера, м^3	до 9
Ширина распределения, м: - минеральные удобрения - известковые материалы	 до 30 до 12
Доза внесения, кг/га	10–10 000
Масса, кг	4 500
Габаритные размеры (д/ш/в), мм	6 200 x 2 500 x 3 000
Рабочая скорость, км/ч	20
Транспортная скорость, км/ч	30
Емкость теплообменников, не менее, л	220
Агрегатируется с тракторами, т. с. / л. с.	2,0 / от 120

Результаты применения фосфогипса

СОЯ

Место проведения опыта:
УНПО «Поволжье» Саратовского ГАУ
(Саратовская область, Энгельский район, с. Степное).

Сорт: Мезенка

Характеристика опытного участка

Почвы – темно-каштановые тяжелосуглинистые крупнопылевато-иловатые по гранулометрическому составу с содержанием гумуса 2,8%. Мощность гумусового горизонта А + В1 = 41 см, нижняя граница ВС – 92 см, вскипание на глубине 46–75 см, реакция среды близкая к нейтральной, pH водной вытяжки 6,73.

Нитратного азота содержится 3,6 мг/кг почвы, доступного фосфора P_2O_5 – 29,7 мг/кг, обменного калия K_2O– 320 мг/кг почвы (по Мачигину). Почва средне обеспечена фосфором, мало обеспечена азотом.

Схема опыта

1. Контроль;
2. 100 кг/га аммофос Apaviva NP 12:52;
3. 2,0 т/га фосфогипса + 100 кг/га аммофос Apaviva NP 12:52;
4. 4,0 т/га фосфогипса + 100 кг/га аммофос Apaviva NP 12:52;
5. 6,0 т/га фосфогипса + 100 кг/га аммофос Apaviva NP 12:52;
6. 8,0 т/га фосфогипса + 100 кг/га аммофос Apaviva NP 12:52.

Фосфогипс вносился весной под культивацию, повторность опыта 4-кратная, площадь делянки 25 м^2, расположение делянок систематическое.

Общая площадь опытного участка – 600 м^2. Технология возделывания сои на орошении, общепринятая для Саратовской области. Норма высева составила 800 тыс. всхожих семян/га.

Учеты и наблюдения

По результатам опыта, применение минеральных удобрений и внесение фосфогипса повышало содержание элементов питания в почве, влияло на реакцию среды и содержание органического вещества (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение агрохимических показателей почвы под посевами сои

Варианты опыта	pH вод.	Hг, ммоль/100 г	Гумус, %	Ca^{2+}, ммоль/100 г	Mg^{2+}, ммоль/100 г	Na, ммоль/100 г	$N\text{-}NO_3$, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг
Контроль	6,13	0,7	2,50	12,37	3,00	0,00	2,30	17,30	355,00
Аммофос	6,15	0,7	2,53	12,40	3,05	0,00	3,00	19,00	353,00
Аммофос + 2 т/га ФГ	6,20	0,5	2,60	16,62	2,85	0,00	3,70	21,00	350,00
Аммофос + 4 т/га ФГ	6,23	0,5	2,70	16,00	2,63	0,00	4,10	27,00	349,00
Аммофос + 6 т/га ФГ	6,27	0,4	2,80	16,87	2,51	0,00	4,80	32,70	345,00
Аммофос + 8 т/га ФГ	6,35	0,3	3,10	17,25	2,49	0,00	4,91	37,30	348,00

Внесение разных доз фосфогипса в проведенных опытах влияло на реакцию pH водной вытяжки и гидролитическую кислотность почвы. С увеличением дозы фосфогипса происходило увеличение pH с 6,13 на контрольном варианте до 6,20 при внесении 2 т/га и до 6,35 при внесении 8 т/га. Внесение минеральных удобрений также увеличивало pH по сравнению с контролем до 6,15.

Содержание водорастворимого кальция при внесении фосфогипса возросло. Если на контрольном варианте его содержание составляло 12,37 ммоль/100 г почвы, то внесение уже 2 т/га фосфогипса увеличивало этот показатель до 16,62 ммоль/100 г почвы, или на 34,4%, по сравнению с контролем, внесение 8 т/га – уже на 39,45% – до 17,25 ммоль/100 г почвы.

Обменного натрия в слое почвы 0,3 м в опыте не наблюдалось.

В значительной степени увеличивалось содержание фосфора по вариантам опыта. Если на варианте без внесения минеральных удобрений и фосфогипса его содержание составляло 17,30 мг/кг, то внесение минеральных удобрений уже повышало его на 9,8% по сравнению с контролем, а внесение фосфогипса – на 21,39–117,64%. Наибольшее его содержание в почве по вариантам опыта составило 37,30 мг/кг на варианте с внесением 8 т/га фосфогипса.

Результаты уборки

Востребованность продукции растениеводства на рынке определяется ее качеством, для сои показателем качества служит содержание белка и жира в семенах. Качество зерна сои по вариантам опыта возрастало при применении фосфогипса и минеральных удобрений (таблица 2).

Таблица 2 – Качество зерна сои

Варианты опыта	Содержание белка, %	Различие с контролем		Содержание жира, %	Различие с контролем	
		% содержания	%		% содержания	%
Контроль	42,50	–	–	13,30	–	–
Аммофос	44,80	2,30	5,41	14,00	0,70	5,26
Аммофос + 2 т/га ФГ	47,90	5,40	12,71	14,60	1,30	9,77
Аммофос + 4 т/га ФГ	48,00	5,50	12,94	15,10	1,80	13,53
Аммофос + 6 т/га ФГ	49,10	6,60	15,53	15,60	2,30	17,29
Аммофос + 8 т/га ФГ	47,00	4,50	10,59	14,20	0,90	6,77

Применение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания белка в зерне сои на 5,41% по сравнению с вариантом без применения мелиоранта и удобрений, содержание белка достигало 44,8%. Увеличение содержания белка от применения фосфогипса на фоне минеральных удобрений составило от 10,59 до 15,53%. При внесении фосфогипса в дозе 8 т/га содержание белка в зерне сои составило 47,0%, что превышало контрольный вариант на 10,59%, однако было наименьшим среди всех вариантов внесения фосфогипса.

Содержание жира в зерне сои по вариантам опыта составляло 13,30–15,60%. Применение минеральных удобрений и фосфогипса увеличивало этот показатель на 5,26–17,29%. На варианте без применения агрохимикатов содержание жира составило 13,30%. При внесении аммофоса этот показатель увеличился на 5,26% по сравнению с контролем. Внесение фосфогипса увеличивало содержание жира по сравнению с контрольным вариантом на 6,77–17,29%, а по сравнению с вариантом внесения аммофоса – на 1,42–11,42%. Наибольшее содержание жира было на варианте с применением фосфогипса дозой 6 т/га и превышало контрольный вариант на 17,29%.

Важнейшим показателем при оценке любого агрономического приема является урожайность. При использовании минеральных удобрений и фосфогипса урожайность сои в зависимости от дозы показала достоверную прибавку по всем вариантам опыта (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность сои

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
Контроль	1,85	-	-
Аммофос	1,99	0,14	7,57
Аммофос + 2 т/га ФГ	2,25	0,40	21,62
Аммофос + 4 т/га ФГ	2,43	0,58	25,78
Аммофос + 6 т/га ФГ	2,53	0,68	36,76
Аммофос + 8 т/га ФГ	2,18	0,33	17,84
	НСР05	0,04	

По вариантам опыта урожайность колебалась от 1,85 до 2,53 т/га. Внесение фосфогипса увеличивало урожайность в зависимости от дозы по сравнению с контрольным вариантом на 17,87–36,76%, а по сравнению с внесением минеральных удобрений – на 9,55–27,14%. На контроле урожайность составила 1,85 т/га. Внесение аммофоса в дозе 100 кг/га повышало урожайность зерна сои на 7,57%, до 1,99 т/га. Применение фосфогипса линейно увеличивало урожайность зерна сои, однако при дозе внесения 8 т/га урожайность сои снижалась. Внесение при культивации минеральных удобрений совместно с фосфогипсом в дозе 2 т/га давало прибавку к контролю 0,40 т/га, при дозе 4 т/га – 0,58 т/га, что составляло 21,62 и 25,78% соответственно.

Наибольшая прибавка урожайности была на варианте с дозой внесения фосфогипса 6 т/га. Разница с контрольным вариантом составляла 36,76%, или 0,68 т/га. На варианте с внесением 8 т/га фосфогипса урожайность составляла 2,18 т/га, что превышало контрольный вариант на 0,33 т/га, или на 17,84%. Она была ниже вышеописанного варианта на 0,35 т/га, или на 13,83%.

Выводы:

Внесение фосфогипса и минеральных удобрений приводило к снижению гидролитической кислотности с 0,7 мг-экв/100 г почвы до 0,3 мг-экв/100 г почвы на контроле при дозе внесения фосфогипса 8 т/га в посевах сои.

Повышалось содержание водорастворимого кальция в посевах сои до 17,25 ммоль/100 г почвы.

Внесение фосфогипса давало достоверную прибавку урожайности сои в условиях орошения от 0,4 до 0,68 т/га. Наибольшая урожайность наблюдалась на варианте с внесением фосфогипса дозой 6 т/га, прибавка к контрольному варианту составляла 36,76%.

Внесение фосфогипса оказывало влияние на качество зерна сои, самыми высокими показателями качества обладало зерно на варианте с внесением фосфогипса дозой 6 т/га. Содержание белка составляло 49,10%, а жира – 14,20%.

ЯЧМЕНЬ ЯРОВОЙ

Место проведения опыта:
Волгоградская обл., Городищенский р-н,
п. Областная опытная С/Х станция.
ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН.

Сорт: Медикум-139

Характеристика опытного участка

Территория хозяйства – слабоволнистая равнина. Климат резко континентальный, ГТК = 0,5–0,6. Сумма среднесуточных положительных температур воздуха равна 3 400–3 500°С. Среднегодовое количество осадков 300–350 мм. Амплитуда минимальных и максимальных температур – 78°С (от +43°С до -35°С).

Почва опытного поля светло-каштановая, слабосолонцеватая, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу. Водный режим почвы непромывного типа. Содержание гумуса в пахотном горизонте 1,6–1,7%. Реакция почвенного раствора нейтральная и слабощелочная (pH = 6,5–8,2). Почва пахотного слоя на опытном участке характеризуется средней обеспеченностью общим азотом (0,11–0,13%) и валовым фосфором (0,10–0,12%), повышенной обеспеченностью обменным калием (1,53–1,67%).

В 2021 году сложились следующие метеорологические условия: прохладная дождливая весна, жаркое лето, со второй половины июня – засушливое. Наблюдались ветры разной степени интенсивности (от 2 до 20 м/с) и разных направлений. Дожди отсутствовали. Сумма положительных температур свыше +10°С составила 574,7°С.

Схема опыта

№	Варианты	Время внесения
В-1	Контроль	–
В-2	100 кг/га Аммофос + подкормка карбамид 100 кг/га в фазе кущения – Фон	Внесение аммофоса под основную обработку, до посева культуры, карбамид – в фазу кущения
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	Внесение ФГ и аммофоса под основную обработку, до посева культуры, карбамид – в фазу кущения
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	
В-5	Фон + 4,0 т/га ФГ	

Агротехника в опыте

Способ внесения удобрений и мелиоранта – под основную обработку, до сева ячменя.

12.04.2021 – боронование
27.04.2021 – культивация
03.05.2021 – предпосевная культивация и посев
21.05.2021 – обработка гербицидом
24.07.2021 – уборка ячменя

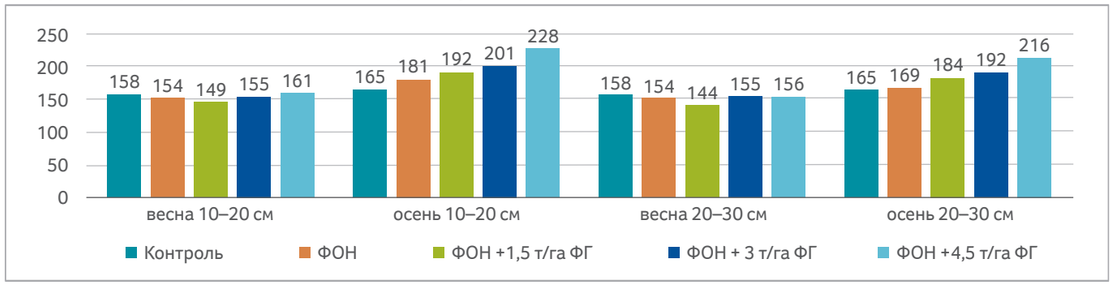
Площадь опытной делянки – 125 м²
Площадь опыта – 2 500 м²
Повторность 4-кратная

Учеты и наблюдения

Внесение фосфогипса способствовало улучшению агрофизических и агрохимических показателей почвы. Сравнение результатов показало, что после вегетации ячменя на фоне доз фосфогипса 1,5, 3,0 и 4,5 т/га выявлено снижение гидролитической кислотности на 0,19–0,21 мг-экв/100 г почвы на глубине 10–20 см и на 0,23–0,25 мэкв/100 г почвы на глубине 30–40 см соответственно, в сравнении с контрольным вариантом.

Отмечено максимальное увеличение содержания фосфора по сравнению с его исходной величиной при внесении 4,5 т/га фосфогипса – на 67 мг/кг. Применение фосфогипса в дозах 1,5, 3,0, 4,5 т/га обеспечило постепенное повышение содержания подвижного фосфора в сравнении с исходным уровнем фона (диаграмма 1).

Диаграмма 1 – Содержание P_2O_5 мг/кг (по Кирсанову)



Наблюдения за ростом и развитием растений ячменя показали, что продолжительность вегетационного периода изменялась в зависимости от вносимых удобрений, но наибольшее влияние оказывало применение фосфогипса совместно с минеральными удобрениями. Согласно наблюдениям, в вариантах № 4–5 фазы развития ячменя наступали на два дня раньше.

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений на общую и продуктивную кустистость ячменя (норма высева 3,5 млн шт./га)

№	Вариант	Количество побегов, шт./м²		Коэффициент кустистости	
		Всего	в т. ч. продуктивных	К общ.	К продукт.
В-1	Контроль	478	295	1,58	1,09
В-2	100 кг/га Аммофос + подкормка карбамид 100 кг/га в фазе кущения – Фон	506	358	1,71	1,22
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	505	355	1,71	1,21
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	524	361	1,81	1,28
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	537	402	1,87	1,29

Применение фосфогипса способствовало образованию у растений дополнительных побегов. На всех изученных агрофонах общая кустистость растений ячменя при внесении удобрений существенно возрастала: с 1,09 (Контроль) до 1,29 в варианте, где применяли минеральные удобрения совместно с 4,5 т/га фосфогипса. В фазу колошения отмечалось незначительное превосходство варианта с применением 3 т/га фосфогипса: по высоте растений на 7,6%, по массе растений на 7,4% в сравнении с вариантом № 1.

Результаты уборки

Биологическая урожайность зерна на вариантах № 3, 5 составила 2,4 и 2,5 т/га, тогда как на контрольном варианте (В-1) – 2,1 т/га. По всем структурным показателям таблицы вариант № 5 (Фон + 4,5 т/га фосфогипса) превзошел другие варианты: его урожайность составила 2,5 т/га, что на 25,0% больше, чем на контрольном варианте (В-1) (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность ячменя ярового

№.	Варианты	Вес снопа	Масса 1 000 зерен	Высота стебля	Длина колоса	Кол-во стеблей всего/ продуктивных	Биологическая урожайность
		г		см		шт./м²	т/га
В-1	Контроль	580,0	32,2	76,0	8,2	435/395	2,00
В-2	100 кг/га Аммофос + подкормка карбамид 100 кг/га в фазе кущения – Фон	603,0	32,4	71,0	7,2	450/402	2,16
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	618,0	34,5	71,6	7,6	464/422	2,40
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	613,0	32,8	76,1	8,4	430/398	2,20
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	653,0	36,9	71,4	7,9	445/416	2,50
НСР05							0,14

Таблица 3 – Показатели качества зерна ячменя ярового, 2021 г.

№	Вариант	Содержание белка, %
В-1	Контроль	14,2
В-2	100 кг/га Аммофос + подкормка карбамид 100 кг/га в фазе кущения – Фон	14,5
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	14,9
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	15,2
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	15,4

Применение фосфогипса не оказало отрицательного влияния на биохимические процессы, происходящие в растениях, а наоборот, способствовало повышению качества продукции. Содержание белка на варианте № 5 возросло на 1,2% в сравнении с контрольным вариантом: с 14,2% до 15,4% (таблица 3).

Экономическое обоснование

Применение удобрений и фосфогипса было экономически выгодно (таблица 4). Отметим вариант № 5 (Фон + 4,5 т/га ФГ): товарная урожайность составила 2,5 т/га, что на 25,0% больше, чем на контрольном варианте № 1, эта разница наибольшая. Повышенная урожайность принесла дополнительную прибыль в сумме 250,0 руб./га в первый год внесения фосфогипса. Наиболее выгодным в первый год внесения фосфогипса был вариант № 3 с внесением 1,5 т/га фосфогипса. Дополнительная прибыль в данном варианте составила 3 350 руб./га.

Таблица 4 – Экономические показатели в зависимости от применения удобрений (по ячменю), 2021 г.

№	Варианты	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Экономические показатели		
				Цена реализации, руб./т	Выручка, руб./га	Дополнительная прибыль, руб./га
В-1	Контроль	2,00	–	14 000	28 000	–
В-2	100 кг/га Аммофос + подкормка карбамид 100 кг/га	2,16	0,16	14 000	30 240	2 240
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	2,40	0,40	14 000	33 600	3 350
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	2,20	0,20	14 000	30 800	-1 700
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	2,50	0,50	14 000	35 000	250

При стоимости внесения фосфогипса 1 500 руб./т.

Выводы:

В вариантах № 4 (Фон + 3,0 т/га ФГ) и № 5 (Фон + 4,5 т/га ФГ) фазы развития ячменя зафиксированы на два дня раньше.

После вегетации ячменя на фоне доз ФГ 1,5, 3,0 и 4,5 т/га выявлено снижение гидролитической кислотности на 0,19–0,21 мг-экв/100 г почвы на глубине 0–20 см и на 0,23–0,25 мэкв/100 г почвы на глубине 30–40 см соответственно.

По всем структурным показателям вариант № 5 (Фон + 4,5 т/га ФГ) превзошел другие варианты: его урожайность составила 2,5 т/га, что на 25,0% больше, чем на контрольном варианте.

Применение удобрений совместно с фосфогипсом экономически выгодно. В варианте № 5 (Фон + 4,5 т/га ФГ) урожайность составила 2,5 т/га, что на 25,0% больше, чем на контрольном варианте № 1, эта разница наибольшая.

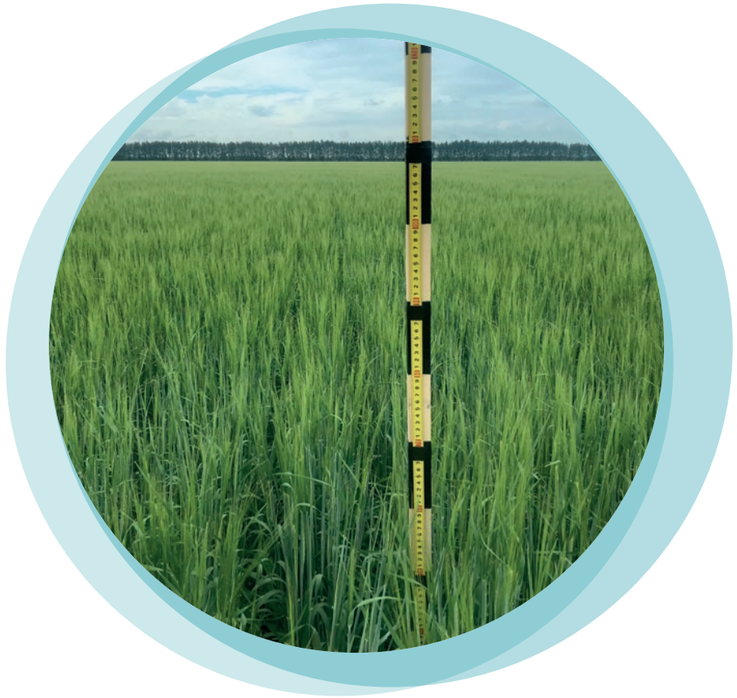
Несмотря на самые большие затраты в 6 750 руб./га, применение фосфогипса совместно с минеральным питанием принесло рост валовой выручки на 7 000 руб./га. Внесение 4,5 т/га фосфогипса будет иметь пролонгированное положительное действие до 3–5 лет на последующие культуры.

Установлена высокая эффективность и экологическая безопасность применения фосфогипса в качестве кальций-серно-фосфорного удобрения в сельскохозяйственном производстве, способствующего повышению плодородия светло-каштановых почв. Внесение фосфогипса в дозах 1,5–4,5 т/га обеспечило получение продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормам.

ЯЧМЕНЬ ЯРОВОЙ

Место проведения опыта:
ООО «Степь» муниципального района Кинельский Самарской области.

Сорт: Беркут.



Характеристика опытного участка

Почва – чернозем обыкновенный солонцеватый среднесуглинистый с мощностью гумусового горизонта до 50–60 см. Сумма поглощенных оснований пахотного слоя составляет около 30 мг-экв/100 г почвы. Реакция почвенной среды горизонта А равна pH – 7,4–7,5, горизонта В – pH – 7,5–7,8. При этом доминируют сульфатно-содовый и содово-сульфатный типы засоления. Именно этот тип засоления обуславливает рыхлое сухое состояние поверхностного горизонта и повышенную растворимость органического вещества почвы. Содержание гумуса в пахотном горизонте равнялось 4,8%, подвижного фосфора – 16,0 мг, а обменного калия – 24,4 мг на 100 г почвы.

Год проведения исследований: 2021 г.

Схема опыта

№	Вариант опыта, норма внесения	Способ и сроки внесения, особенности применения
В-1	Контроль	Внесение аммофоса и ФГ под обработку, до посева культуры * Подкормка карбамидом в стадии кущения, доза удобрения в физ. весе
В-2	Аммофос 100 кг/га – Фон	
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ+ 100 кг/га карбамид	
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид*	
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид*	
В-6	Фон + 6,0 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид*	

Агротехника в опыте

Предшественник: однолетние травы на сено (вика + овес).
Осенью – двукратная обработка почвы дисковыми боронами БДМ 7 на глубину до 14 см, чизелевание почвы на глубину 27–30 см чизельным плугом ПЧ-4,5.
Весной – боронования поля тяжелыми зубовыми боронами ЗБЗТС-1, культивации поля культиватором КПМ-8 и предпосевная культивация этим же культиватором.
Посев проводился 01.05.2021 сеялкой СЗП–3,6 в агрегате с трактором МТЗ-82.
Норма высева семян – 4,5 млн шт. всхожих семян на 1 га.
Уход за посевами включал их обработку гербицидами против сорняков в фазу кущения.

Учеты и наблюдения

К фазе выхода в трубку уже прослеживалась разница в развитии растений. Наиболее быстро к этой фазе подошли растения контрольного варианта – на 16-й день после начала кущения. Посевы фонового варианта с аммофосом Apaviva NP 12:52 (вар. № 2) выходили в трубку на 3 дня позже контрольного варианта – 11.06. Одновременно с фоном фаза выхода в трубку отмечалась и в вариантах, где на фоне дополнительно вносилось 1,5 т/га, 3,0 т/га и 4,5 т/га фосфогипса (вар. № 3–5). Дальнейшее увеличение нормы фосфогипса – до 6,0 т/га – еще больше продлевало период «кущение – выход в трубку» – до 19 дней.

По результатам наблюдений можно сделать заключение, что внесение в почву фосфогипса в норме 1,5–4,5 т/га продлевает межфазные периоды развития растений на этапе выхода в трубку и созревания зерна и удлиняет вегетацию ярового ячменя на 3–4 дня, а применение фосфогипса в норме 6,0 т/га – на 5 дней.

В результате учетов было установлено, что густота стояния растений на фоне внесения аммофоса Apaviva NP 12:52 (100 кг/га) оказалась в среднем на 4,5% больше контрольного варианта.

Таблица 1 – Густота стояния и сохранность растений

№	Вариант опыта	Высеяно семян, шт./м^2	Густота всходов, шт./м^2	Полевая всхожесть, %	Густота стояния к уборке, шт./м^2	Сохранность, %
В-1	Контроль	450	311	69,0	200	64,5
В-2	Аммофос 100 кг/га – Фон	450	325	72,2	219	67,3
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ+ 100 кг/га карбамид	450	326	72,4	222	68,1
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	450	324	72,0	225	69,4
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	450	327	72,7	230	70,4
В-6	Фон + 6,0 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	450	326	72,5	231	70,9
	НСР05		16,4		17,3	

Густота стояния растений на 1 м^2 к уборке снижалась до 200–231 шт. Однако на сохранность растений оказывало влияние и действие фосфогипса. Так, в контрольном варианте к уборке выживает в среднем 64,5% взошедших растений. При внесении аммофоса Apaviva NP 12:52 – 67,3%, в варианте с внесением 1,5 т/га фосфогипса – 68,1%. С увеличением нормы внесения фосфогипса сохранность растений увеличивалась до 70,9% при внесении 6 т/га фосфогипса.

К фазе полной спелости зерна высота растений в контрольном варианте составила 76 см, и к моменту уборки этот показатель сохранился без изменений. При внесении аммофоса Apaviva NP 12:52 высота растений составила 79 см, – это на 2 см больше значения контрольного варианта.

В варианте с применением фосфогипса и карбамида к моменту уборки длина стеблей в варианте 3 (1,5 т/га) и 4 (3,0 т/га) в среднем составила 82 см, или на 6 см длиннее контроля. При внесении 4,5 т/га фосфогипса высота стеблей к уборке равнялась 86 см, а при внесении 6 т/га фосфогипса – 89 см, что соответственно на 10 см и 13 см больше контрольного варианта.

Наблюдениями отмечено, что растения в вариантах с внесением фосфогипса и последующей подкормкой карбамидом (вар. № 3–6) даже внешне отличались от контрольных растений (вар. № 1). Они имели темно-зеленую окраску листьев и стеблей, более густой стеблестой и практически до самой уборки сохраняли вертикальное положение стеблей, в то время как колос контрольных растений к уборке поникал.

Результаты уборки

Внесение аммофоса Apaviva NP 12:52 в норме 100 кг/га в физическом весе достоверно повышало продуктивность растений в среднем на 7,7%, или 0,18 т/га, – до 2,5 т/га против 2,32 т/га на контроле.

Применение фосфогипса на фоне аммофоса Apaviva NP 12:52, даже в относительно небольшой норме – 1,5 т/га, и подкормка растений карбамидом (вар. № 3) увеличивают сборы зерна с 1 га на 12,5% – до 2,61 т/га. Дальнейшее повышение нормы мелиоранта – до 6,0 т/га (вар. № 6) способствует оптимизации реакции почвенной среды и минерального питания растений; в результате урожайность растений повышается на 36,2% относительно контроля и достигает 3,16 т/га.

Таблица 2 – Урожайность ярового ячменя

№	Вариант опыта, норма внесения	Урожайность, т/га	Прибавка по отношению к контролю	
			т/га	%
В-1	Контроль	2,32	–	–
В-2	Аммофос 100 кг/га – Фон	2,50	0,18	7,7
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ+ 100 кг/га карбамид	2,61	0,29	12,5
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	2,82	0,50	21,5
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	3,14	0,82	35,3
В-6	Фон + 6,0 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	3,16	0,84	36,2
НСР05		0,2	–	–

Экономическое обоснование

Известно, что внедрение в производство тех или иных агротехнический мероприятий должно быть экономически оправдано, а дополнительные затраты должны полностью окупаться стоимостью полученной прибавки продукции.

Экономическими расчетами установлено, что стоимость полученного урожая в денежном выражении по вариантам опыта варьирует от 20 880 руб./га до 28 400 руб./га (в ценах, сложившихся на август-сентябрь 2021 г. – в расчете 9 000 руб. за 1 т ячменя) (таблица 3).

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения фосфогипса, 2021 г.

№	Вариант опыта, норма внесения	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Условный чистый доход, руб./га
В-1	Контроль	20 880	9 160	11 720
В-2	Аммофос 100 кг/га – Фон	22 500	11 200	11 300
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ+ 100 кг/га карбамид	23 490	12 500	10 990
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	25 380	12 650	12 730
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	28 260	12 800	15 460
В-6	Фон + 6,0 т/га ФГ + 100 кг/га карбамид	28 440	12 950	15 490

Производственные затраты на выполнение всех технологических операций, покупку удобрений и мелиоранта составили 9 160–12 950 руб./га и полностью окупались стоимостью произведенной продукции с получением условно чистого дохода в пределах 11 300–15 490 руб./га и уровнем рентабельности 100,6–120,7%.

Экономически наиболее целесообразно под яровой ячмень сорта Беркут на черноземе обыкновенном солонцеватом центральной агроклиматической зоны Самарской области вносить фосфогипс в норме 4,5 т/га.

Выводы:

Внесение в почву фосфогипса в норме 1,5–4,5 т/га удлиняет вегетацию ярового ячменя на 3–4 дня, а применение фосфогипса в норме 6,0 т/га – на 5 дней.

Внесение фосфогипса весной поверхностно вразброс под культивацию позволяет, по сравнению с контролем, в среднем на 5,5–12,2% увеличить сохранность растений к уборке. При этом наибольший эффект наблюдается при внесении в почву 4,5–6,0 т мелиоранта на 1 га.

Использование фосфогипса на фоне аммофоса Apaviva NP 12:52 в норме 100 кг/га в физ. весе, или 12 кг/га N и 52 кг/га P_2O_5 д. в., достоверно обеспечивает прибавку урожая зерна ячменя в пределах 12,5–36,2%, или 0,29–0,84 т/га зерна.

Максимальное количество зерна с 1 га было получено в вариантах с внесением фосфогипса в норме 4,5 т/га и 6,0 т/га, соответственно 3,14 т и 3,16 т.

Экономически наиболее целесообразно под яровой ячмень сорта Беркут на черноземе обыкновенном солонцеватом центральной агроклиматической зоны Самарской области вносить фосфогипс в норме 4,5 т/га.

СВЕКЛА САХАРНАЯ

Место проведения опыта:
ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Опытная станция. Камызякский район, Астраханская область.

Гибрид российской селекции: F1 Каскад 3. Раннеспелый, урожайно-сахаристого направления.

Характеристика опытного участка

Почва среднесуглинистая, слабозасоленная (засоление сульфатно-хлоридного типа).
До внесения фосфогипса реакция среды в пахотном слое была слабощелочной ($pH(H_2O)$ = 7,5–7,7). Содержание гумуса в пахотном слое составляло 1,19–2,55%, азота – 35–77 мг/кг, подвижных форм фосфора – 37–50 мг/кг, подвижного калия – 116–295 мг/кг почвы. Плотность в слое 0,0–0,2 м в среднем 1,25 т/м^3, в слое 0,2–0,4 м – 1,38 т/м^3. Пористость пахотного слоя была удовлетворительной – 51,6%.

Схема опыта

№	Вариант опыта, норма внесения	Способ и сроки внесения, особенности применения
В-1	Контроль	
В-2	N90P120K60 – Фон	Внесение минеральных удобрений под предпосевную обработку, до посева культуры
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	Внесение ФГ и минеральных удобрений под предпосевную обработку, до посева культуры
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	

Площадь опытной делянки – 100 м^2, площадь учетной делянки – 50 м^2, опыт заложен в четырехкратной повторности.

Агротехника в опыте

Предшественник: ложе пруда.
Обработка почвы:
- 12.04.21 – ранневесенняя культивация с боронованием на глубину 10–15 см;
- 30.04.21 – внесение фосфогипса и удобрений в соответствии со схемой опыта, с последующей предпосевной культивацией.

Дата посева: 11.05.21.
Дата появления всходов: 18.05.21.
Поливная норма посевов сахарной свеклы – 50–60 м^3/га, оросительная норма – 2 240 м^3/га, двукратная ручная прополка в рядках (02.06.21 и 25.06.21).

Учеты и наблюдения

Биометрические измерения свидетельствовали о том, что при внесении фосфогипса отмечалась положительная динамика по длине и диаметру корнеплода. К концу вегетации длина корнеплода на вариантах с внесением фосфогипса достигала 29,2–31,8 см, на контроле – 22,5 см.

По интенсивности роста корнеплода в глубину на всем периоде вегетации отмечалось преимущество вариантов с применением различных доз фосфогипса, что может быть связано с его разуплотняющим действием на глубокие слои почвы.

Таблица 1 – Длина корнеплода сахарной свеклы, см

№	Вариант опыта, норма внесения	Дата проведения наблюдений					
		2.06	22.06	7.07	21.07	9.08	24.08
В-1	Контроль	3,8	9,1	9,5	13,0	14,8	22,5
В-2	N90P120K60 – Фон	5,6	10,0	15,2	15,4	18,8	22,8
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	8,7	11,3	15,7	21,2	23,8	29,4
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	6,6	13,3	22,0	22,8	23,2	31,8
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	7,8	12,1	22,0	23,2	23,8	30,2
НСР05		2,1	0,7	4,2	5,1	2,4	5,4

Корнеплод сахарной свеклы имеет удлиненную конусообразную форму. В нем различают головку – верхнюю часть (от нее отходят листья), шейку – часть между головкой и местом, где отходят боковые корешки, и собственно корень с боковыми корешками. Диаметр корнеплодов на вариантах с внесением фосфогипса к концу вегетации составлял от 9,4 см до 11,1 см, тогда как в контроле – 7,8 см.

Таблица 2 – Динамика среднего диаметра корнеплода сахарной свеклы, см

№	Вариант опыта, норма внесения	Дата проведения наблюдений					
		2.06	22.06	7.07	21.07	9.08	24.08
В-1	Контроль	0,3	2,0	2,8	4,9	5,2	7,8
В-2	N90P120K60 – Фон	0,3	2,0	3,2	4,8	6,5	7,6
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	0,2	2,1	4,8	6,4	7,0	9,4
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	0,5	2,2	4,8	6,5	7,2	11,1
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	0,3	2,8	5,7	7,0	7,6	11,0
НСР05		$F_ф<F_{05}$	0,4	0,2	0,8	1,2	1,4

Наблюдения показали, что в конце вегетации средняя масса корнеплода на фоне фосфогипса была значительно больше, чем в контроле – на 153–205% (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика нарастания массы корнеплода, г

№	Вариант опыта, норма внесения	Дата проведения наблюдений					
		2.06	22.06	7.07	21.07	9.08	24.08
В-1	Контроль	2,1	16,8	96,9	221,8	300,2	366,3
В-2	N90P120K60 – Фон	2,3	22,7	179,7	282,7	361,7	400,4
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	2,0	28,9	200,5	296,5	462,4	560,7
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	3,2	33,2	229,4	330,4	488,1	713,4
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	4,3	36,6	207,2	397,3	509,2	750,2
НСР05		0,7	4,1	18,4	30,2	20,1	10,4

Результаты уборки

Главным показателем эффективности агротехнических приемов является урожайность. Полученные данные показали, что урожайность свеклы сахарной на фоне фосфогипса колебалась от 45,1 до 47,8 т/га и превышала показатели контрольного варианта на 48,3–58,3%. Лучшие результаты получены в варианте с использованием 4,5 т/га фосфогипса (таблица 4). Несколько ниже – на варианте с внесением 3,0 т/га фосфогипса.

Использование фосфогипса не оказывало отрицательного влияния на показатели качества корнеплодов свеклы сахарной (таблица 5). Содержание сухого вещества колебалось от 21,0% до 24,5%. Максимальное содержание общего сахара – 19,4% – отмечено на варианте № 5 с внесением 4,5 т/га фосфогипса, несколько ниже – при внесении 3,0 т/га фосфогипса (18,5%).

Таблица 4 – Влияние фосфогипса на урожайность сахарной свеклы

№	Вариант опыта, норма внесения	Средняя масса корнеплода, г	% к контролю	Диаметр корнеплода, см	Урожайность	
					т/га	% к контролю
В-1	Контроль	402,4	100,0	7,8	30,2	100,0
В-2	N90P120K60 – Фон	490,1	106,9	7,6	44,2	146,4
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	580,2	144,1	9,4	45,1	148,3
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	743,5	184,8	11,1	46,4	153,6
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	783,6	194,5	11,0	47,8	158,3
НСР05		-	-	1,4		-

Таблица 5 – Качество корнеплодов сахарной свеклы

№	Вариант опыта, норма внесения	Определяемый показатель	
		Содержание сухого вещества, %	Массовая доля общего сахара, %
В-1	Контроль	21,0	13,4
В-2	N90P120K60 – Фон	22,7	14,7
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	22,9	16,9
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	23,4	18,5
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	24,5	19,4
	НСР05	1,2	2,1

Таким образом, полученные данные показали, что при выращивании сахарной свеклы на капельном поливе урожайность при внесении фосфогипса колебалась от 45,1 до 47,8 т/га и на 48,3–58,3% превышала показатели контрольного варианта. Максимальная урожайность получена при внесении 4,5 т/га фосфогипса.

Выводы:

В варианте с внесением 4,5 т/га фосфогипса получена максимальная урожайность 47,8 т/га, что превышало контрольный вариант на 58,3% или на 17,6 т/га.

Отмечена тенденция: с увеличением дозы фосфогипса увеличивалось содержание сухого вещества и массовой доли общего сахара.

Применение фосфогипса в удобрительных дозах рекомендуется весной перед культивацией или осенью, перед или после основной обработки почвы.

МОРКОВЬ СТОЛОВАЯ

Место проведения опыта:
ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Опытная станция. Камызякский район, Астраханская область.

Гибрид: f1 Ред Кор: ранний (75–80 дней до созревания).

Характеристика опытного участка

Почва среднесуглинистая, слабозасоленная (засоление сульфатно-хлоридного типа). До внесения фосфогипса реакция среды в пахотном слое была слабощелочной (pH(H_2O) = 7,5–7,7). Содержание гумуса в пахотном слое 1,19–2,55%. Содержание азота составляло 35–77 мг/кг; подвижных форм фосфора – 37–50 мг/кг, подвижного калия – 116–295 мг/кг почвы (таблица 8). Плотность в слое 0,0–0,2 м в среднем – 1,24 т/м^3, плотность твердой фазы почвы – 2,71 т/м^3. Пористость пахотного слоя была удовлетворительной – 53,7%.

Общая площадь опытной делянки равнялась 100 м^2, учетная площадь – 50 м^2, опыт заложен в четырехкратной повторности.

Схема опыта

№	Вариант опыта, норма внесения	Способ и сроки внесения, особенности применения
В-1	Контроль	-
В-2	N90P120K60 – Фон	Внесение минеральных удобрений под предпосевную обработку почвы
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	Внесение ФГ и минеральных удобрений под предпосевную обработку почвы
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	

Агротехника в опыте

Предшественник: ложе пруда.
Обработка почвы:
- 12.04.2021 – ранневесенняя культивация с боронованием на глубину 0,10–0,15 м;
- 30.04.2021 – внесение фосфогипса и фонового удобрения N90P120K60 в соответствии со схемой опыта под предпосевную культивацию на глубину 0,15–0,20 м, нарезка борозд на 0,04 м для ручного посева моркови;
- 11.05.2021 – посев;
- 02.06.2021 и 24.062021 – двукратная ручная прополка в рядках.

Поливная норма посевов моркови – 50 м^3/га, оросительная норма – 2 240 м^3/га.

Учеты и наблюдения

Формирование корнеплода у растений моркови начинается рано, но сначала он растет медленно в длину, а затем утолщается. Биометрические измерения свидетельствуют о том, что при внесении фосфогипса отмечена положительная динамика по длине и диаметру корнеплода. К концу вегетации длина корнеплода на вариантах с внесением фосфогипса достигала 9,3–11,5 см, на контроле – 9,0 см.

Развитие стержневого корня моркови опережает развитие листового аппарата. Через два месяца после всходов его толщина у корневой шейки колебалась от 2,32 см (контроль) до 3,02–3,21 см (при внесении фосфогипса). К концу вегетации диаметр корнеплодов на вариантах с внесением фосфогипса составлял от 4,06 до 4,85 см, тогда как в контроле – 3,62 см (таблица 1).

Таблица 1 – Средний диаметр корнеплода моркови во время вегетации, см

№	Вариант опыта, норма внесения	Дата проведения наблюдений				
		22.06	7.07	22.07	9.08	24.08
В-1	Контроль	0,06	0,14	2,32	3,14	3,62
В-2	N90P120K60 – Фон	0,07	0,15	2,54	3,41	3,93
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	0,07	0,16	2,83	3,75	4,06
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	0,08	0,17	3,02	3,92	4,47
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	0,08	0,18	3,21	4,03	4,85
НСР05		1,10	0,70	0,12	0,26	0,22

Темп выноса элементов питания у моркови, особенно фосфора и калия, усиливается с образованием корнеплодов. Результаты наблюдений показали, что к 9.08 средняя масса корнеплода моркови в вариантах с внесением фосфогипса составляла 84,0–89,6 г, на контроле – 51,6 г (таблица 4). К периоду уборки максимальная масса корнеплода 155,1 г получена на варианте с внесением 4,5 т/га фосфогипса, что составило 172% к контролю.

При внесении минерального питания – вариант № 2 (Фон) – масса корнеплода к моменту уборки составила 100,5 г, что на 10,4 г больше контрольного варианта. При внесении всего 1,5 т/га фосфогипса совместно с основным минеральным питанием масса корнеплода моркови увеличилась на 30,7 г относительно Фона. Увеличение нормы внесения фосфогипса на фоне минерального питания еще больше увеличивало массу корнеплода, с максимальным значением 155,1 г в варианте с внесением 4,5 т/га фосфогипса.

Таблица 2 – Динамика формирования массы корнеплода моркови, г

№	Вариант опыта, норма внесения	Дата проведения наблюдений				
		22.06	7.07	22.07	9.08	24.08
В-1	Контроль	2,4	16,0	42,2	51,6	90,1
В-2	N90P120K60 – Фон	3,0	17,2	53,8	83,6	100,5
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	3,2	18,2	62,0	85,8	131,2
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	2,8	19,2	64,8	84,0	149,6
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	2,8	20,5	63,2	89,6	155,1
НСР05		$F_ф < F_т$	0,8	8,7	21,4	8,8

Результаты уборки

Полученные данные показали, что урожайность моркови на фоне фосфогипса колебалась от 29,1 до 33,8 т/га и превышала показатели контрольного варианта на 21,8–41,4%. Лучшие результаты получены в варианте с использованием 4,5 т/га фосфогипса (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние фосфогипса на урожайность моркови

№	Вариант опыта, норма внесения	Средняя масса корнеплода, г	% к контролю	Диаметр корнеплода, см	% к контролю	Урожайность	
						т/га	% к контролю
В-1	Контроль	90,1	100,0	3,8	100,0	23,9	100,0
В-2	N90P120K60 – Фон	100,5	111,5	4,0	92,5	27,2	113,8
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	131,2	145,6	4,2	105,0	29,1	121,8
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	149,6	166,0	4,9	117,5	31,4	131,4
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	155,1	172,1	5,0	120,0	33,8	141,4
НСР05		8,8	–	0,2	–	2,1	–

Экономическое обоснование

На основании полученных данных была рассчитана прибыль (без учета затрат на уборку дополнительного урожая, с учетом затрат на стоимость фосфогипса, его доставку и внесение) от получения дополнительного урожая моркови, которая оказалась максимальной в варианте № 5, где применяли 4 т/га фосфогипса, и составила 169 200 руб./га.

Таблица 3 – Увеличение урожайности при применении фосфогипса

№	Вариант опыта, норма внесения	Урожайность		Прибавка, т/га	Дополнительные затраты на внесение ФГ, руб./га	Прибыль, руб./га
		т/га	% к контролю			
В-1	Контроль	23,9	100	0	0	
В-2	N90P120K60 – Фон	27,2	113,8	3,3	0	59 400
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	29,1	121,8	5,2	3 000	90 600
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	31,4	131,4	7,5	6 000	129 000
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	33,8	141,4	9,9	9 000	169 200
НСР05		2,1	–			

Выводы:

Применение фосфогипса давало дополнительную прибыль от 90 600 до 169 200 руб./га при дозах внесения от 1,5 до 4,5 т/га.

Прибавка урожайности между вариантами была существенной как относительно контроля, так и относительно предыдущего варианта.

Применять фосфогипс для моркови на орошении рекомендуется весной под культивацию.

Увеличение урожайности при применении фосфогипса составляло относительно контроля от 21,8 до 41,8%, относительно варианта № 2, где применяли основные NPK-удобрения, прибавка составляла от 8 до 27,6%.

ТОМАТ

Место проведения опыта:
ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Опытная станция. Камызякский район, Астраханская область.

Сорт: Новичок розовый – среднеспелый детерминантный, универсального применения. Срок созревания – 100–110 дней.

Характеристика опытного участка

Почва аллювиально-луговая, по гранулометрическому составу – среднесуглинистая, слабозасоленная, засоление сульфатно-хлоридного типа. Реакция среды близкая к нейтральной, pH 6,9–7,5. Содержание гумуса в пахотном слое – 2,44–2,89%, содержание азота составляло 70–98 мг/кг, подвижных форм фосфора – 48–89 мг/кг, подвижного калия – 227–370 мг/кг. Плотность твердой фазы почвы в корнеобитаемом слое составляла 2,70 т/м^3. Почва отличалась небольшой плотностью сложения в слое 0,0-0,2 м – 1,25 т/м^3, в слое 0,2–0,4 м – 1,40 т/м^3, пористость удовлетворительная – 49,6%, аэрация – 24,5%.

Схема опыта

№	Вариант опыта, норма внесения	Способ и сроки внесения, особенности применения
В-1	Контроль	-
В-2	N90P120K60 – Фон	Внесение минеральных удобрений под предпосевную обработку
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	Внесение ФГ и минеральных удобрений под предпосевную обработку
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	

Площадь опытной делянки – 100 м^2, площадь учетной делянки – 50 м^2, опыт заложен в четырехкратной повторности. Сроки проведения опыта: 2021 г.

Агротехника в опыте

Предшественник: ложе пруда.
Обработка почвы:
- 12.04.2021 – ранневесенняя культивация с боронованием на глубину 0,10–0,12 м;
- 30.04.2021 – внесение фосфогипса и фонового удобрения N90P120K60 в соответствии со схемой опыта под предпосевную культивацию на глубину 0,15–0,20 м.

Дата посева: 11.05.2021.
Дата появления всходов: 18.05.2021.
Влажность почвы поддерживалась на уровне 80–90% от НВ, поливная норма составляла 50–70 м^3/га, оросительная норма – 2 320 м^3/га.

Учеты и наблюдения

Растения томата очень требовательны к плодородию почвы, так как на получение 1 ц плодов томата потребляется: 0,13 кг N, 0,11 кг P и 0,5 кг K. Наблюдения показали, что внесение фосфогипса оказало положительное влияние на рост и развитие растений. В период массового плодообразования растения на вариантах с внесением фосфогипса превышали показатели контроля (таблица 1). Количество завязавшихся плодов на одном растении составляло 5,3–6,3 шт., а средний диаметр плодов достигал 4,0–4,9 см. Площадь листовой поверхности (0,398–0,435 м^2) значительно превышала как контрольный вариант, так и вариант с внесением фонового удобрения.

Таблица 1 – Параметры растений томата в фазу массового плодообразования (15.07.21)

№	Вариант опыта, норма внесения	Высота растений, см	Количество плодов, шт.	Диаметр плодов, см	Площадь листовой поверхности, м^2
В-1	Контроль	60,2	3,3	3,5	0,294
В-2	N90P120K60 – Фон	64,1	4,8	3,9	0,360
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	65,1	5,3	4,0	0,398
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	65,2	6,1	4,2	0,410
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	66,2	6,3	4,9	0,435
НСР05		3,2	1,4	0,4	0,033

Перед уборкой урожая оценивались следующие параметры растений томата: количество плодов, масса ботвы, масса плодов и средняя масса 1 плода. Средняя масса ботвы одного растения на вариантах с внесением фосфогипса колебалась от 0,536 до 0,655 кг, а на контроле составляла 0,334 кг. Средняя масса плодов с одного растения на вариантах с применением фонового минерального удобрения совместно с фосфогипсом в 1,4–1,5 раз превышала контрольный вариант. Средняя масса одного плода составляла от 0,133 кг – при внесении 1,5 т/га фосфогипса до 0,144 кг при внесении 4,5 т/га фосфогипса. На контрольном варианте масса плода была наименьшей – 0,121 г, а с внесением фонового удобрения – 0,129 г.

Таблица 2 – Параметры растений томата в конце вегетации (27.08.21)

№	Вариант опыта, норма внесения	Масса, кг			Количество плодов, шт.
		Ботва	Плоды	1 плод	
В-1	Контроль	0,334	0,984	0,121	7,32
В-2	N90P120K60 – Фон	0,426	1,272	0,129	10,17
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	0,536	1,470	0,133	11,24
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	0,569	1,489	0,138	11,75
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	0,655	1,507	0,144	13,02
НСР05		0,084	0,014	0,04	–

Результаты уборки

Полученные данные показали, что урожайность томата на фоне фосфогипса колебалась от 29,1 до 33,8 т/га и превышала показатели контрольного варианта на 21,8–41,4%. Лучшие результаты получены в варианте с использованием 4,5 т/га фосфогипса (таблица 3).

Таблица 3 – Формирование урожайности томата

№	Вариант опыта, норма внесения	Дата сбора			Общая урожайность, т/га	% к контролю
		21.07	10.08	27.08		
В-1	Контроль	5,9	26,3	27,2	59,4	100,0
В-2	N90P120K60 – Фон	6,8	27,8	34,7	67,1	120,0
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	7,0	28,3	38,8	74,1	124,7
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	7,8	32,0	39,8	79,6	134,0
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	7,9	32,9	40,5	81,3	136,9
НСР05		–	–	–	4,9	–

Максимальный урожай плодов томата 81,3 т/га получен в варианте с внесением 4,5 т/га фосфогипса, однако за 1-й сбор на нем получено 9,7% урожая. Несколько ниже урожайность при внесении 3,0 т/га и 1,5 т/га фосфогипса – 79,6 и 74,1 т/га. При внесении только минерального питания получили урожайность 67,1 т/га, что на 20% превышало контроль. Совместное применение минерального удобрения и фосфогипса позволило получить урожай томатов на 36,9% выше относительно контроля.

Отбор плодов томата на анализ биохимического состава проведен 23 августа. Исследование биохимического состава плодов показало, что содержание сухих веществ на вариантах с внесением фосфогипса превышало показатели контрольного варианта и колебалось от 5,70 до 5,823%. Питательная ценность многих овощей определяется главным образом содержанием в них сахаров. В плодах томата они составляют 3–5%. Полученные результаты показали, что содержание сахаров при внесении фосфогипса составляло 4,84–5,19%.

Томаты представляют собой богатый источник аскорбиновой кислоты (витамина С). Массовая доля витамина С в изучаемых вариантах колебалась от 17,67 мг до 20,18 мг% (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние фосфогипса на биохимический состав плодов томата

№	Вариант опыта, норма внесения	Сухое вещество, %	Массовая доля общего сахара, %	Массовая доля витамина С, мг%	Массовая доля нитратного азота, мг/кг
В-1	Контроль	5,47	4,06	17,75	< 7
В-2	N90P120K60 – Фон	5,67	4,68	19,25	< 7
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	5,70	4,84	18,12	< 7
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	5,73	5,01	20,18	< 7
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	5,82	5,19	17,67	< 7

Экономическое обоснование

На основании полученных данных была рассчитана прибыль (без учета затрат на уборку дополнительного урожая, с учетом затрат на стоимость фосфогипса, его доставку и внесение) от получения дополнительного урожая томата, которая оказалась максимальной в варианте 5, где применяли 4,5 т/га фосфогипса и составила 104 600 руб./га.

Таблица 5 – Экономическая оценка применения фосфогипса на томатах

№	Вариант опыта, норма внесения	Урожайность, т/га	% к контролю	Прибавка к контролю, т/га	Прибавка к фону, т/га	Стоимость внесения ФГ, руб./га	Дополнительная прибыль, руб./га
В-1	Контроль	59,4	100	–	–	–	–
В-2	N90P120K60 – Фон	67,1	120	7,7	–	–	–
В-3	Фон + 1,5 т/га ФГ	74,1	124,7	14,7	7	3 000	53 000
В-4	Фон + 3,0 т/га ФГ	79,6	134	20,2	12,5	6 000	94 000
В-5	Фон + 4,5 т/га ФГ	81,3	136,9	21,9	14,2	9 000	104 600
НСР05		4,9	–	–	–	–	–

Выводы:

При выращивании томата на капельном поливе с применением фосфогипса и минеральных удобрений урожайность томатов колебалась от 74,1 до 81,3 т/га, что на 24,7–36,9% превышало показатели контрольного варианта. Максимальная дополнительная прибыль 104 600 руб./га была получена в варианте 5 с применением 4,5 т/га фосфогипса на фоне полного минерального питания.

Максимальная урожайность – 81,3 т/га – получена при внесении 4,5 т/га фосфогипса. На варианте с внесением 3,0 т/га фосфогипса получено на 1,7 т/га меньше.

Отмечена тенденция: с увеличением дозы фосфогипса увеличивалось содержание сухого вещества и массовой доли общего сахара.

Применение фосфогипса на томатах эффективно уже в первый год внесения, и эффект, в зависимости от дозы, длится до 3–5 лет.

ЗЕМЛЯНИКА САДОВАЯ

Место проведения опыта:
Московская область, Ступинский район, опытная станция ВСТИСП, р/п Михнево.

Сорт: Фестивальная.

Характеристика опытного участка

Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая, по агрохимическим показателям оценивается как средне окультуренная. По существующим градациям: содержание гумуса низкое, кислотность почвы близкая к нейтральной, степень насыщенности основаниями высокая, сумма поглощенных оснований, содержание фосфора и калия – среднее (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы

Глубина, см	Гумус, %	pH (KCl)	Нг	Обменные основания	$N_{общ}$/гидрол.	P_2O_5	K_2O
			мг-экв/100 г		мг/100 г почвы		
0–20	2,01	6,0	1,61	9,6	10,16	92	124
20–40	1,45	5,4	2,16	7,9	7,99	56	103

Схема опыта

№	Вариант опыта, норма внесения	Способ внесения, время, особенности применения	Площадь насаждений, га
В-1	N30P60K30 – Фон	–	0,04
В-2	Фон + 4 т/га ФГ (0,4 кг/м^2)	Внесение ФГ под глубокую культивацию междурядий	0,04
В-3	Фон + 6 т/га ФГ (0,6 кг/м^2)		0,04
В-4	Фон + 8 т/га ФГ (0,8 кг/м^2)		0,04

Повторность 4-кратная.

Земляника менее отзывчива на внесение удобрений, чем другие ягодные культуры. Лучше всего растет и плодоносит на суглинистых и супесчаных почвах с достаточным содержанием гумуса, обладающих хорошей водопроницаемостью и водоудерживающей способностью, а также имеющих слабокислую реакцию почвенного раствора. Длительность выращивания культуры земляники на одном месте в течение 4–5 лет требует высокого плодородия почвы, так как в таких условиях корни растений развиваются сильнее. Это обеспечивает получение высоких ежегодных урожаев ягод.

Учеты и наблюдения

Фенологические наблюдения показали, что сроки прохождения фаз развития растений земляники не отличались от среднемноголетних показателей, были одинаковые независимо от внесения возрастающих доз фосфогипса и обеспечивали достижение фазы массового созревания плодов практически одновременно (таблица 2). Цветение растений пришлось на влажную и прохладную погоду в июне, что вызвало увеличение продолжительности этой фенофазы. Плодоношение началось в более поздние сроки.

Таблица 2 – Фенологические наблюдения

№	Вариант опыта, норма внесения	Дата наступления фенофаз					
		Весеннее отрастание листьев	Выдвижение цветоносов	Бутонизация	Цветение, образование завязей	Плодоношение	Усообразование, образование розеток
В-1	N30P60K30 – Фон	01.05.21	15.06.21	25.05.21	04.06.21	6.06 – 16.07.21	29.07.21
В-2	Фон + 4 т/га ФГ	01.05.21	15.06.21	25.05.21	06.06.21	6.06 – 16.07.21	29.07.21
В-3	Фон + 6 т/га ФГ	01.05.21	15.06.21	25.05.21	06.06.21	6.06 – 16.07.21	29.07.21
В-4	Фон + 8 т/га ФГ	01.05.21	15.06.21	25.05.21	06.06.21	6.06 – 16.07.21	29.07.21

Результаты уборки

Внесение фосфогипса оказывало влияние на рост и развитие растений, формирование продуктивности земляники (таблица 3). Статистическая обработка результатов испытаний показала, что при внесении фосфогипса отмечается достоверное изменение величин продуктивности и структуры урожая земляники в опытных вариантах по сравнению с контролем (внесением полной дозы минерального питания).

Таблица 3 – Урожайность земляники, 2021 г.

№	Вариант опыта, норма внесения	Число ягод на одном растении	Средняя масса одной ягоды	Урожай ягод с одного растения	Урожай ягод с 1 м^2
		шт.	г	г	г
В-1	N30P60K30 – Фон	19,1	5,1	115,2	576,1
В-2	Фон + 4 т/га ФГ	22,4	5,6	146,9	734,5
В-3	Фон + 6 т/га ФГ	24,3	5,8	151,5	757,5
В-4	Фон + 8 т/га ФГ	25,2	5,7	172,1	860,5
НСР05	–	2,1	1,3	9,15	81,5

Урожайность земляники с применением фосфогипса на фоне полного минерального питания в зависимости от дозы превышала контроль на 158,4–284,4 г/м^2. При этом снижался выход нестандартной продукции. Применение фосфогипса достоверно повлияло на формирование количества ягод на растении и массу ягоды, что обусловило существенное повышение урожайности земляники. Наиболее эффективны были максимальные дозы. Максимальное количество ягод по всем вариантам опыта было собрано в 1-м, 2-м и 3-м сборах (20.06.21 г., 01.07.21 г. и 16.07.21 г.) на варианте, где применили 8 т/га фосфогипса или 0,8 кг/м^2.

Качественные показатели

Биохимический анализ ягод показал (таблица 4), что сумма сахаров в ягодах при применении фосфогипса закономерно возрастает с увеличением дозы. Содержание витамина С (аскорбиновой кислоты) в ягодах земляники на фоне внесения фосфогипса в наибольшей степени повышалось при максимальном его расходе – на 11,2% – по сравнению с контролем.

Таблица 4 – Влияние фосфогипса на биохимический состав ягод земляники

№	Вариант опыта, норма внесения	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота (витамин С), мг%	Титруемая кислотность, %	Сахаро-кислотный индекс
В-1	N30P60K30 – Фон	7,1	73,5	1,30	5,5
В-2	Фон + 4 т/га ФГ	8,9	80,1	1,30	6,9
В-3	Фон + 6 т/га ФГ	9,4	80,5	1,35	7,0
В-4	Фон + 8 т/га ФГ	10,0	81,7	1,33	7,5

На основании результатов исследований можно заключить, что применение фосфогипса оказывает положительное влияние на биохимический состав продукции. Применение фосфогипса улучшает качество ягод, повышая в них содержание сахаров и витаминов.

Экономическое обоснование

Экономическое обоснование применения любого нового приема или препарата для его внедрения в производстве должно окупаться дополнительной прибылью. Как видно из таблицы, стоимость фосфогипса производства БФ АО «Апатит» составила 3 000 руб./т с учетом стоимости доставки и внесения. На дерново-подзолистых почвах Московской области эффект от его применения окупается дополнительной прибылью от 225 600 до 402 260 руб./га.

№	Вариант опыта, норма внесения	Урожай ягод с 1 м²	Прибавка от ФГ	Стоимость доп. затрат	Дополнительная прибыль	Дополнительная прибыль
		г/м²	г/м²	руб./м²	руб./м²	руб./га
В-1	Фон N30P60K30	576,1	–	–	–	–
В-2	Фон + 4,0 т/га ФГ	734,5	158,4	1,2	22,56	225 600
В-3	Фон + 6,0 т/га ФГ	757,5	181,4	1,8	25,41	254 100
В-4	Фон + 8,0 т/га ФГ	860,5	284,4	2,4	40,26	402 600
НСР05		81,5				

Расчет сделан исходя из стоимости реализации 1 кг земляники садовой 150 руб.

Эффект от применения фосфогипса проявляется в первый год его внесения и может сохраняться до 3–5 лет.

Выводы:

Внесение фосфогипса совместно с минеральным питанием под посадки земляники (открытый грунт) способствовало увеличению урожайности земляники на 27,5–49,4% по сравнению с Фоном, где применялось только минеральное питание.

Включение в систему питания земляники фосфогипса способствовало увеличению средней массы плода на 11,8%, числа плодов с одного растения – на 17,3–32%.

Применение фосфогипса при выращивании земляники на агрофоне N30P60K30 на окультуренной дерново-подзолистой почве эффективно и обеспечивает получение достоверной прибавки плодов.

ЯБЛОНЯ

Оценка эффективности внесения фосфогипса в молодом яблоневом саду

Место проведения опыта:
УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, г. Саратов, Саратовская область.

Сорт: Беркутовское (зимнего срока созревания) на подвое 54–118 – среднерослом, адаптированном к местным условиям.

Характеристика опытного участка

Почва сада представлена южным черноземом. Верхний горизонт А имеет мощность 25–40 см, темно-серый или темно-бурый с коричневым оттенком, комковатой структуры.

Переходный горизонт АВ располагается на глубине 30–40 см. Он характеризуется равномерной коричнево-бурой или темно-серой окраской, обладает уплотненно зернисто-комковатой или ореховато-комковатой структурой. Горизонт В1 коричнево-бурый, комковато-призматической структуры.

Схема опыта

1. Контроль (стандартная система удобрения и защиты, без внесения фосфогипса);
2. 4,0 т/га фосфогипса;
3. 6,0 т/га фосфогипса;
4. 8,0 т/га фосфогипса.

Повторность опыта 4-кратная, площадь каждой учетной делянки – 100 м² (10 деревьев), расположение делянок систематическое. Общая площадь опытного участка – 1 600 м².

Агротехника в опыте

Сад интенсивного типа заложен осенью 2014 г. В опыте использовался сорт яблони зимнего срока созревания Беркутовское. Система содержания почвы – черный пар. Орошение – капельное. Схема посадки сада 2,5 х 4,0 м. Плотность посадки – 1 000 деревьев на 1 га. Формирование деревьев ведется по принципу русского веретена. Технология ухода за насаждениями яблони – типичная для Саратовской области. Внесение фосфогипса проводилось весной под глубокую культивацию междурядий.

Учеты и наблюдения

Результаты изучения влияния разных доз фосфогипса на основные агрохимические показатели почвы в молодом саду представлены в таблице 1. Из представленных данных видно, что гидролитическая кислотность снижается под действием фосфогипса. Если на контрольном варианте показатель гидролитической кислотности составил 0,5 мг-экв/100 г, то минимальная доза внесения фосфогипса привела к снижению данного показателя до 0,3 мг-экв/100 г почвы. На варианте применения максимальной дозы внесения фосфогипса гидролитическая кислотность снизилась до 0,2 мг-экв/100 г почвы.

Таблица 1 – Изменение агрохимических показателей почвы молодого сада при внесении фосфогипса

№	Вариант опыта, норма внесения	Дата наступления фенофаз								
		pH вод.	Нг, мг-экв/100 г	Орг. вещ-во, %	Ca^{2+}, ммоль/100 г	Mg^{2+}, ммоль/100 г	Na, ммоль/100 г	$N\text{-}NO_3$, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг
В-1	Контроль	8,04	0,5	3,63	30,0	5,9	0,0	20,5	31,5	98,0
В-2	4,0 т/га ФГ	8,11	0,3	3,59	35,0	3,4	0,0	22,1	33,6	92,0
В-3	6,0 т/га ФГ	8,15	0,3	3,64	35,5	2,9	0,0	22,9	35,4	93,0
В-4	8,0 т/га ФГ	8,13	0,2	3,71	38,5	2,7	0,0	23,5	36,1	91,0

Внесение фосфогипса оказало прямое влияние на увеличение содержания водорастворимого кальция. На контрольном варианте содержание кальция составило 30,0 ммоль/100 г почвы. При внесении испытываемых доз фосфогипса данный показатель увеличился до 35,0, 35,5, 38,5 ммоль/100 г почвы на вариантах с внесением 4, 6 и 8 т/га фосфогипса соответственно.

На контрольном варианте содержание фосфора составило 31,5 мг/кг почвы. Содержание доступного фосфора при использовании разных доз фосфогипса повышалось с 33,6 мг/100 г при внесении дозы 4 т/га до 36,1 мг/100 г на варианте с внесением максимальной дозы фосфогипса 8 т/га.

Таким образом, внесение дополнительно в молодом яблоневом саду фосфогипса связано с изменениями в агрохимическом составе почв. На фоне снижения гидролитической кислотности и содержания магния повышается содержание водорастворимого кальция. Одновременно возрастает содержание доступного фосфора и нитратного азота. Необходимо обратить внимание на процессы подщелачивания реакции водной вытяжки и снижения содержания обменного калия в почве.

Яблоня – многолетняя культура, характеризующаяся одновременным прохождением процессов формирования урожая в текущем году и закладкой генеративных органов для плодоношения в следующем году. В связи с этим стратегическое значение для садоводства имеет поддержание активных ростовых процессов и образование плодовых почек в текущем году. Одним из методов управления процессами роста и развития деревьев является внесение удобрений (таблица 2).

Таблица 2 – Основные показатели роста и развития деревьев яблони

№	Вариант опыта, норма внесения	Средняя величина однолетнего прироста, см	Количество плодовых образований на 1 скелетную ветвь, шт.
В-1	Контроль	50,8	2,8
В-2	4,0 т/га ФГ	57,3	6,1
В-3	6,0 т/га ФГ	62,6	7,3
В-4	8,0 т/га ФГ	68,1	7,2
НСР05	–	5,8	1,1

Внесение фосфогипса достоверно способствует усилению ростовых процессов. Так, применение максимальной дозы 8 т/га способствовало усилению роста годичных побегов на 34% по сравнению с контрольным вариантом. Следует отметить, что существенное увеличение длины однолетнего прироста наблюдалось на всех вариантах опыта – при внесении фосфогипса в дозе 4 кг/га данный показатель составил 57,3 см, при внесении дозы 6 т/га – 62,6 см.

Проведенные учеты показывают, что применение фосфогипса на фоне усиления роста способствовало и усилению закладки плодовых образований. Так, на контрольном варианте на одной скелетной ветви в среднем закладывалось 2,8 плодовых образований (кольчаток, прутиков, копьец). Применение минимальной дозы внесения фосфогипса 4 т/га способствовало достоверному увеличению показателя до 6,1 шт. Применение более высоких доз обеспечивало улучшение закладки плодовых почек. Так, на варианте с внесением 6 т/га образовывалось в среднем 7,3 плодовых образований на 1 скелетной ветви, а на варианте с максимальной дозой 8 т/га – 7,2 шт.

Результаты уборки

На контрольном варианте общая урожайность составила 7,5 т/га. Внесение фосфогипса в разных дозах способствовало увеличению урожайности на 9–21%. При использовании минимальной дозы фосфогипса 4 т/га урожайность молодых деревьев составила 8,2 т/га. Необходимо отметить, что, несмотря на относительно невысокую абсолютную урожайность молодого сада, применение фосфогипса обеспечило сравнительно высокую достоверную прибавку урожайности.

Таблица 3 – Влияние фосфогипса на продуктивность яблони

№	Вариант опыта, норма внесения	Урожайность, т/га	Товарность, %
В-1	Контроль	7,5	61,3
В-2	4,0 т/га ФГ	8,2	71,2
В-3	6,0 т/га ФГ	8,5	74,4
В-4	8,0 т/га ФГ	9,1	76,4
НСР05		0,6	-

Одновременно с урожайностью при внесении фосфогипса увеличилась и товарность плодов. На контроле данный показатель составил 61,3%. Применение дозы 4 т/га повысило товарность по сравнению с контролем на 9,9%, на варианте с дозой внесения фосфогипса 6 т/га товарность повысилась на 13,1%, на варианте с дозой внесения 8 т/га – на 15,1%, до 76,4%.

Применение фосфогипса способствовало изменению показателей содержания сухих веществ и сахара в плодах яблони (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние внесения фосфогипса на качество плодов яблони

№	Вариант опыта, норма внесения	Массовая доля, %	
		сухого вещества	общего сахара
В-1	Контроль	15,3	6,9
В-2	4,0 т/га ФГ	15,7	7,7
В-3	6,0 т/га ФГ	15,9	8,1
В-4	8,0 т/га ФГ	16,0	8,2

Показатели массовой доли сухого вещества и общего сахара на контрольном варианте составили 15,3 и 6,9% соответственно. Максимальное содержание сухого вещества и сахара отмечено при наибольшей дозе внесения фосфогипса 8 т/га – 16,0% и 8,2% соответственно. Таким образом, применение фосфогипса в качестве удобрения в молодом яблоневом саду интенсивного типа способствует повышению качества плодов, что имеет очень большое значение для товарной продукции зимнего яблока, предназначенного для хранения.

Выводы:

Внесение фосфогипса и минеральных удобрений приводило к снижению гидролитической кислотности с 0,5 мг-экв/100 г до 0,2 мг-экв/100 г почвы на контроле при дозе внесения фосфогипса 8 т/га в молодом саду.

Повышалось содержание водорастворимого кальция в молодом саду до 38,5 мг-экв/100 г почвы.

При внесении фосфогипса возрастало содержание доступного фосфора и нитратного азота. Необходимо обратить внимание на процессы подщелачивания реакции водной вытяжки.

Внесение фосфогипса способствовало усилению ростовых процессов в молодом саду и лучшей закладке плодовых образований.

Применение фосфогипса обеспечило достоверную прибавку урожайности яблок на 21%. Одновременно с урожайностью при внесении фосфогипса увеличилась и товарность плодов на 15,1%, и повысилось содержание сухого вещества и водорастворимых сахаров.

Заказать фосфогипс можно на сайте:

www.phosagro.ru/production/phosphogypsum

Или направив запрос на адрес:

agro@phosagro.ru