

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова»**

(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)

**Методические рекомендации
по применению сульфата магния в
сельскохозяйственном производстве**

Москва 2017 год

Введение

Применение магниевых и серных удобрений является важнейшим дополнением к внесению азотных, фосфорных и калийных при решении проблемы продовольственной безопасности страны. Магний и сера являются питательными макроэлементами для растений, выполняющими не только функцию повышения урожая сельскохозяйственных культур, но и улучшения его пищевой и кормовой ценности. Известно, что недостаток в продуктах питания приходится компенсировать применением специальных медицинских препаратов, содержащих этот элемент.

На огромных массивах, превышающих 10-12 млн. га пашни и кормовых угодий, наблюдается магниевое голодание растений. Фильтрующиеся атмосферные осадки вымывают из почвы ежегодно от 20 до 60 кг окиси магния, а с ожидаемым урожаем в среднем выносятся 15-40 кг/га окиси магния. Вынос серы из почв урожаями во многих районах не компенсируется ее поступлением из атмосферы и в составе традиционных удобрений. По многолетним данным лизиметрических исследований ВИУА потери серы из почвы в виде сульфатов составили 50-60 кг/га в год, что в 4-5 раз выше тех величин, которые приняты при решении баланса серы.

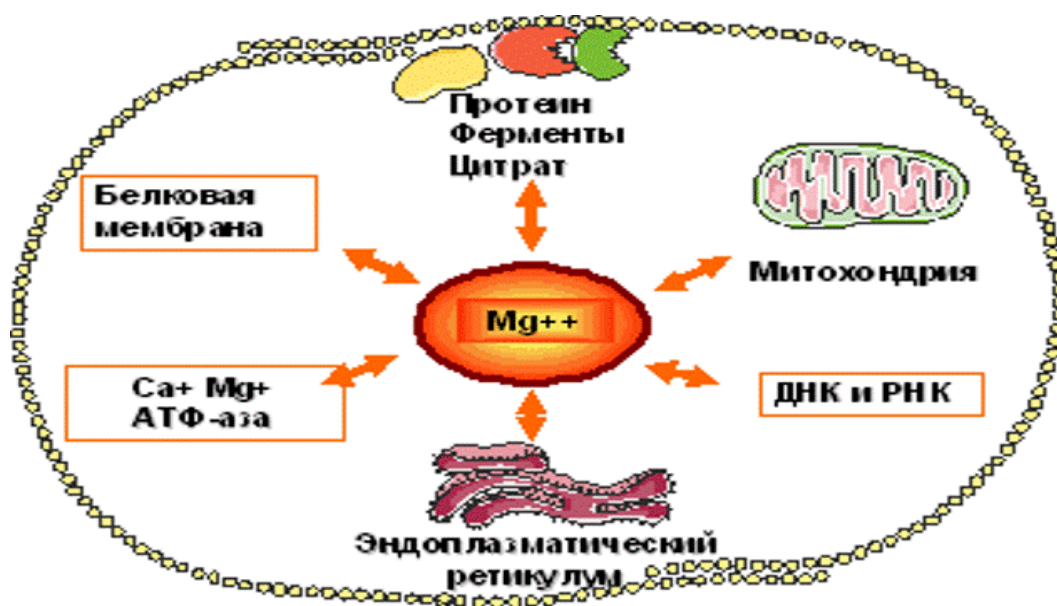
Отрицательный баланс в земледелии страны магния и серы свидетельствует о большой актуальности применения сернокислого магния.

Условия и признаки магниевой недостаточности у основных сельскохозяйственных культур



Магний входит в состав хлорофилла, поэтому его роль в растении исключительна. Магний имеет большое значение для дыхательного обмена, он катализирует целый ряд реакций образования богатых энергией фосфатных связей и их переноса.

Так как обогащенные энергией фосфатные связи активно участвуют в различных синтезах, что касается магния то без него эти процессы обречены на невозможность самостоятельно проходить. Магний улучшает мобильность фосфора и способствует большему его поглощению растениями, увеличивает использование железа в растениях. Магний ускоряет созревание семян и влияет на их качество, влияет на формирование соцветий и плодов, скороспелость и равномерность зрелости, способствует повышению качества урожая.



Причинами магниевого голодания сельскохозяйственных культур могут быть следующие факторы:

1. Недостаточный уровень содержания доступного магния в почве:
 - на дерново-подзолистых и серых лесных песчаных и супесчаных почвах – менее 80 мг/кг обменного MgO;

- на дерново-подзолистых и серных лесных суглинистых почвах - менее 120 мг/кг обменного MgO;
- на торфяно-болотных почвах – практически повсеместно.

2. Нейтрализация почвенной кислотности чисто кальциевыми формами извести (CaCO_3) приводит к нарушению оптимального соотношения Ca к Mg в почвенном растворе и поглощающем комплексе, что отрицательно сказывается на доступности магния растениями. Имеются данные о том, что даже на почвах с высоким содержанием обменного магния при отношении Ca к Mg более 8 – для полевых культур, и более 10 – для многолетних насаждений растения используют недостаток доступного магния, то также вызывает необходимость внесения магния с удобрениями.

3. Применение на посевах культур аммиачной селитры, аммиачной воды и жидкого аммиака в дозах более 120-180 кг/га действующего вещества (д.в.) вызывает антагонизм ионов NH_4^+ и Mg^{2+} .

4. Применение калийных удобрений в дозах более 140-180 кг/га д.в. вызывает антагонизм между ионами K^+ и Mg^{2+} .

5. Значительное возрастание потерь почвенного магния с вымыванием из корнеобитаемого слоя инфильтрационными водами при высоких уровнях применения азотных и калийных удобрений.

6. Магниева недостаточность в питании растений вызывает нарушение усвоения ими азота, калия и кальция, что отрицательно отражается на величине и качестве урожая.

7. Магниевое голодание наступает при содержании магния в растениях ниже определенного уровня, называемого «нижним пределом» его нормального содержания, который устанавливается методом растительной диагностики в индивидуальные для каждой культуры фазы развития (таблица 1, 2, рис. 1).

Таблица 1. Нижний предел содержания MgO в органах различных сельскохозяйственных культур

Культура	Орган растения	Фаза развития	Содержание MgO, мг/кг сырого вещества
Озимая рожь	Листья	Выход в трубку	50-80
Ячмень	Листья	«	30-60
Овес	Листья	«	30-60
Картофель	Черешки листьев	Бутонизация, образование клубней	20-50 до 100
Кукуруза	Сок из жилок листьев	Выметание метелок	Менее 90

Таблица 2. Внешние признаки магниевого голодания

Культура	Фаза развития	Признаки голодания
Озимые зерновые	Кущение	На известкованных почвах верхние листья бледно-зеленые полосчатые, нижние листья темно-красные, они сворачиваются в трубку, при сильном дефиците магния подсыхают и отмирают. После перезимовки растения гибнут. На известкованных почвах нижние листья желтовато-зеленого цвета с полосами.
Озимые и яровые зерновые	Выход в трубку	Листья желто-зеленые, скручиваются внутрь. Созревание хлебов задерживается на 10-12 дней.
Горох и другие зерно-бобовые	Кущение - цветение	На нижних листьях наблюдаются типичные признаки хлороза: окраска становится от бледно-зеленой до желтоватой, на краях появляются бурые пятна, постепенно захватывающие все межжилковое пространство к центру листа. Резко сокращается количество клубеньков на корнях.
Картофель	На без навозном фоне – в фазу бутонизации, на навозном – при клубне образовании	Листья приобретают желто-зеленую и желтую окраску, становятся ломкими, затем покрываются бурыми пятнами, засыхают, опадают. При сильном длительном дефиците ботва преждевременно засыхает.
Кукуруза	Фаза 4-6 листьев	Нижние листья светлеют, появляются четко выраженная полосчатость, зеленые полосы чередуются с желтыми. На кислых почвах некоторые листья имеют красно-фиолетовую окраску, позже на них появляются бурые пятна.

Люпин	В начале цветения	Нижние листья желтеют, слегка сворачиваются. Уменьшается образование клубеньков на корнях. У желтого люпина края листьев становятся желтыми. У синего люпина – красно-фиолетовыми. Листья раньше времени опадают.
Кормовая свекла	Фаза 6-8 листьев	Нижние листья, начиная с верхушки, бледнеют, затем желтеют; жилки остаются зелеными, затем в межжилковом пространстве появляются бурые пятна, которые распространяются на весь лист. Черешки листьев ломкие. Отмершие ткани имеют темно-коричневую окраску, они крошатся.
Капуста белокочанная	В течение вегетации	Светлеет окраска нижних листьев, от верхнего края (между жилками) к центру листа, потом они становятся кремовыми, у жилок остаются зелеными. При сильном голодании окраска переходит в красно-фиолетовую с чередованием зеленой у крупных жилок – «мраморность» листа.
Капуста цветная	Цветение	Признаки те же, что у белокочанной капусты.
Томаты	Бутонизация - плодообразование	На нижних листьях развиваются типичные признаки хлороза, которые затем охватывают верхние листья. Черешки становятся сочными и ломкими. Покраснение плодов замедляется, они опадают.
Огурцы	Цветение и в период интенсивного плодообразования	Листья желтеют, около жилок ярко-зеленые, становятся сочными и ломкими, затем отмирающие ткани приобретают бурую окраску. Листья опадают, а признаки появляются на верхних ярусах. Образуются мелкие плоды.
Яблоня	В период вегетации	На нижних листьях появляются типичные признаки хлороза, они преждевременно опадают.
Вишня	То же	Хлороз начинается с середины листа. Отмершие ткани образуют пятна буро-коричневого цвета, и листья раньше времени опадают.

Оптимальные уровни содержания обменного магния в почвах

Для питания растений наибольшее значение имеет водорастворимая и обменно-поглощенная форма магния. Черноземы наиболее богаты магнием. Дерново-подзолистые и торфяно-болотные почвы (особенно верховые и переходные торфяники) содержат меньшее его количество.



ДЕФИЦИТ МАГНИЯ



Рис. 1. - Внешние признаки дефицита магния

На основе обобщения именующегося материала можно предложить следующую группировку дерново-подзолистых почв по обеспеченности обменным магнием сельскохозяйственных угодий в зависимости от гранулометрического состава почвы (табл. 3).

Таблица 3. Градация дерново-подзолистых почв по содержанию обменного магния

Уровень обеспеченности	Почвы			
	песчаные и супесчаные		суглинистые и тяжелосуглинистые	
	мг MgO на 1 кг почвы	мг/экв Mg на 100 г почвы	мг MgO на 1 кг почвы	мг/экв Mg на 100г почвы
Очень низкий	менее 40	менее 0,2	менее 80	менее 0,4
Низкий	41-80	0,2-0,4	81-120	0,4-0,6
Средний	81-120	0,4-0,6	121-160	0,6-0,8

Повышенный	121-160	0,6-0,8	161-200	0,8-1,0
Высокий	161-200	0,8-1,0	201-240	1,0-1,2
Очень высокий	более 200	более 1,0	более 240	более 1,2

Ориентировочные показатели оптимального содержания обменного магния в почвах под различными культурами приведены в таблице 4. Как правило, на почвах с более высоким содержанием обменного магния эффективность доз минеральных удобрений повышается на 15-25%.

Необходимость применения магнийсодержащих удобрений на сенокосах и пастбищах может возникнуть несмотря на то, что растения не испытывают недостатка магния для формирования урожая. В этих случаях потребность во внесении магния с удобрениями обуславливается необходимостью получить урожай определенного качества. В травах содержание магния должно быть не менее 0,2% MgO, а соотношение К: (Са + Mg) – не более 2,2 (в расчете на воздушно-сухое вещество). При применении высоких доз NPK содержание магния в травах может быть ниже рекомендуемых зоотехнических норм, особенно весной. Нарушение зоотехнических требований к качеству кормов приводит к заболеванию «пастбищной тетанией» кормов, особенно дойных, которым в наибольшей степени необходим магний.

Таблица 4. Рекомендуемое оптимальное содержание обменного магния в почвах для сельскохозяйственных культур при возделывании по интенсивным технологиям

Культуры	Почвы			
	песчаные и супесчаные		суглинистые и тяжелосуглинистые	
	мг MgO на 1 кг почвы	мг/экв Mg на 100г почвы	мг MgO на 1 кг почвы	мг/экв Mg на 100г почвы
Озимые зерновые	100-120	0,5-0,6	120-160	0,7-0,8
Яровые зерновые	80-100	0,4-0,5	120-140	0,6-0,7
Зернобобовые	120-140	0,6-0,7	160-180	0,8-0,9
Картофель	140-160	0,7-0,8	180-200	0,9-1,0
Овощные (капуста, томаты, огурцы)	180-200	0,9-1,0	220-240	1,1-1,2
Кукуруза на зеленый корм	140-160	0,7-0,8	180-200	0,9-1,0

Кормовая свекла, сахарная свекла на корм	120-140	0,6-0,7	160-180	0,8-0,9
Многолетние бобовые травы	120-140	0,6-0,7	160-180	0,8-0,9
Травы сенокосов и пастбищ	120-140	0,6-0,7	160-180	0,8-0,9
Плодово-ягодные культуры	200-220	1,0-1,1	240-260	1,2-1,3

Следовательно, на культурных пастбищах и сенокосах при внесении повышенных доз азотных и калийных удобрений необходимо оперативно контролировать качество трав и применять (особенно весной) магнийсодержащие удобрения.

Эффективность магниевых удобрений и в том числе сульфата магния вырастает с увеличением дозы азота и калия и при внесении аммиачных форм азота. С повышением дозы N и K потребность растений в магнии и эффективность магниевых удобрений проявляется на суглинистых почвах. Магнйевые удобрения сильнее действуют на репродуктивные органы растений. Внесение сернокислого магния сильнее увеличивает урожай семян (на 50-80%), чем соломы и ботвы.

Влияние магния на сельскохозяйственные культуры

В современных условиях, а особенно при переходе на интенсивные технологии возделывания зерновых, картофеля, овощных и кормовых культур, когда на их посев применяются повышенные дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений, значительно увеличивается потребность растений в магнии и отзывчивость их на магнийсодержащие удобрения может проявиться на почвах со средней и более высокой обеспеченностью обменным магнием.

Таблица 6. Влияние магнийсодержащих удобрений на урожай сельскохозяйственных культур при интенсивных технологиях возделывания

Культура	Форма удобрения	Доза MgO кг/га	Прибавка от магния	
			ц/га	%
Озимая рожь	Эпсомит	30-40	2,6	14
Овес	-//-	40	1,9	10

Зерновые (в целом)	Калимагнезия	30	2,0	12
Картофель	-//-	30-50	38	20
	-//-	30	21*	11*
Сахарная свекла	Эпсомит	40	41	32
Кормовая свекла	Полигалит	40	65	20
Клевер (сено)	Доломит	30	6,0	12
Люпин (зеленая масса)	Эпсомит	40	32	18
Вико овсяная смесь	-//-	30	4,0	25

* на фоне органических удобрений

Правильное применение магнийсодержащих удобрений, даже в небольших дозах 30-40 кг/га MgO, позволяет значительно повышать урожаи сельскохозяйственных культур (таб. 6).

Применение сернокислого магния в форме эпсомита в среднем повысило урожай сельскохозяйственных культур на 20%.

На Долгопрудной агрохимической опытной станции была проведена серия вегетационных опытов, показывающие высокую эффективность сернокислого магния на различных культурах (табл. 7). При этом росло содержание магния в растениях (табл. 8).

Таблица 7. Действие MgSO₄ на урожай сельскохозяйственных культур (по М.М. Мазаевой)

Растения	NPK	NPK+ MgSO ₄		
		урожай	прибавка	
	г/ сосуд			%
Рожь, зерно	8,3	11,6	3,3	39
Подсолнечник, семена	17,0	22,5	5,5	32
Перила, семена	6,3	14,3	8,0	127
Цикорий салатный, общая масса	14,0	32,5	18,5	132
Цикорий корневой, корни	94,8	186,5	91,7	97
Арбуз, плоды	378	521	143	38
Сорго, общая масса	14,8	116,5	101,7	187
Канатник, стебли	15,5	47,2	31,7	205
Табак, общая масса	12,7	22,4	9,7	76
Махорка, листья	15,0	18,9		26

Таблица 8. Влияние сульфата магния на содержание магния в воздушно-сухой массе цикория

Удобрения	Оподзоленная супесь	Подзолистый суглинок
	Содержание MgO в листьях (%)	

NPK	0,14	0,50
NPK+ MgSO ₄	0,46	0,53

Удобрение магнием сельскохозяйственных культур

Удобрение озимых зерновых культур. Из зерновых наиболее чувствительна к недостатку магния озимая рожь. На легких кислых почвах при применении повышенных доз (от 90 и более кг/га д.в.) NPK, может возникнуть необходимость применения магнийсодержащих удобрений. В этих условиях их лучше вносить под предпосевную культивацию.



Озимая пшеница, возделываемая по интенсивной технологии, размещается, как правило, по занятому пару, в котором вносится доломитовая мука, поэтому в данном случае применять магнийсодержащие удобрения непосредственно под вспашку нет необходимости. Если же почва в пару была произвесткована карбонатом кальция, или если озимая пшеница идет после бобовых предшественников, то на почвах с низкой, а порой и со средней обеспеченностью обменным магнием требуется внести 45-60 кг/га MgO под предпосевную культивацию.

Бывает, что по каким-либо причинам не провели основное внесение магнийсодержащих удобрений или появились признаки магниевого голодания у растений. Тогда возможно применение сернокислого магния при ранневесенней подкормке озимых хлебов совместно с азотными удобрениями в дозе 40-45 кг/га MgO.

Магний сернокислый, своевременно внесенный на посевы озимых зерновых культур, повышает устойчивость растений при перезимовке и к полеганию, улучшает структуру урожая, увеличивая долю зерна в общей массе урожая. При применении под озимые зерновые 20-30 т/га навоза крупного рогатого скота существенно снижается необходимость внесения магния с минеральными туками, поскольку в 1т навоза может содержаться до 1,5 кг MgO.

Магнийсодержащие удобрения могут обеспечивать до 10-15% прироста урожая озимых зерновых культур.

Удобрения яровых зерновых культур. С урожаем 20-25 ц/га зерна яровые зерновые выносят 10-14 кг MgO. Наиболее отзывчивы на применение магнийсодержащих удобрений ячмень и гречиха. Под эти культуры на почвах с низким содержанием обменного магния лучше вносить это удобрение весной под основную обработку почвы в дозах 80-100 кг MgO; на почвах со средней обеспеченностью обменным магнием при внесении высоких доз NPK дозу снижают до 60-80 кг MgO. Вместе с магнием при этом вносится от 60 до 140 кг/га K₂O. При подсеве под ячмень многолетних трав с бобовыми компонентами на участке целесообразно увеличить гектарную дозу магния на 40-45 кг MgO.

По мере необходимости при появлении первых признаков магниевой недостаточности следует провести подкормку посевов ячменя и других зерновых эпсомитом в дозе 15-20 кг/га MgO, совместив его с опрыскиванием ядохимикатами в фазу кущения или выхода в трубку. Концентрация сульфата магния в рабочем растворе не должна превышать 2-3%.

Ячмень менее нуждается во внесении магнийсодержащих удобрений на тяжелосуглинистых почвах, если размещается в севообороте после картофеля, под который было внесено не менее 40-50 т/га навоза. Если же под картофель был внесен в качестве органического удобрения торф или торфонавозный компост с преобладанием торфа (соотношение 3:1), то даже на почвах со средним содержанием обменного магния для получения урожая зерна ячменя 30-40 ц/га может потребоваться применение сернокислого магния в дозе 80 кг/га MgO.

Удобрение зернобобовых культур. Зернобобовые культуры: горох, кормовые бобы, вика и желтый кормовой люпин – хорошо отзываются на применение магниевых удобрений. Горох, кормовые бобы, вика и люпин могут быть использованы как парозанимающие культуры для получения зеленой массы на корм скоту. Выращивание их для этой цели не только что

известкованных почвах в качестве предшественников озимых зерновых может вызывать потребность в применении магнийсодержащих удобрений для повышения урожая и обогащения зеленой массы магнием, особенно при внесении «в запас» высоких доз фосфорных и калийных туков. В этих случаях целесообразно внести под предпосевную обработку почвы 80-100 кг/га MgO. Внесение под основную обработку занятого пара 15-20 т/га органического удобрения частично компенсирует потребность зернобобовых в магнии.

Удобрение картофеля. Картофель относится к культурам, наиболее отзывчивым на применение магнийсодержащих удобрений. С урожаем 200-300 ц/га клубней выносятся более 40-60 кг MgO. Поскольку картофель имеет поверхностную корневую систему, которая почти полностью размещается в слое почвы 0-40 см, становится ясным необходимость наличия в почве достаточного количества подвижного магния (150-200 мг MgO на 1 кг почвы) для питания картофеля.

Нейтрализация почвенной кислотности под предшественником картофеля известковыми материалами, не содержащими в достаточном количестве магний, а также применение высоких доз азотно-калийных удобрений усиливает потребность картофеля в магнийсодержащих туках. Поэтому необходимо их вносить под картофель в дозе 150-200 кг/га MgO. Вносить лучше под перепашку зяби или под предпосевную культивацию.

Потребность во внесении магнийсодержащих удобрений под картофель несколько возрастает также при размещении его по бобовым предшественникам, особенно в начальный период роста. В этих случаях на торфяно-болотистых почвах можно рекомендовать внесение эпсомита в лунки при посадке картофеля. Доза магния при этом обычно составляет 80-90 кг/га MgO. Применение под картофель высоких доз органических удобрений (50-60 т/га) резко снижает, а то и совсем снимает необходимость внесения магнийсодержащих удобрений.

Удобрение овощных культур. Овощные культуры потребляют значительное количество магния. капуста, морковь, томаты, огурцы с урожаями 300-400 ц/га выносят до 40-60 кг/га MgO. Поэтому почву для этих культур целесообразно известковать доломитовой мукой. Под капусту и огурцы, как правило, применяют до 60 т/га навоза и других органических удобрений. Сернокислый магний следует вносить под овощные культуры при возможно максимальном перемешивании с пахотным слоем почвы в дозах 100-120 кг/га MgO.

При выращивании томатов и огурцов в условиях защищенного грунта необходимо предусматривать в составе питательных растворов наличие сернокислого магния в количестве 100-200 г/м² в зависимости от обеспеченности почвогрунта обменным магнием и величины планируемого урожая. По мере необходимости следует предусмотреть подкормку магнием 2-3 раза за период вегетации.

Удобрение кормовых культур. Среди кормовых культур наиболее требовательная к магнию кормовая свекла и бобовые травы (клевер, вика, люпин, лядвенец рогатый). Кормовая свекла с урожаем 800 ц/га корнеплодов выносит до 60 кг/га MgO, клевер при урожае 50-60 ц сена – 30-35 кг MgO, люпин при урожае 170 ц зеленой массы – около 20-25 кг MgO с 1 га.

На легких почвах, бедных подвижным магнием, под кормовую свеклу следует применять органические удобрения в дозе 30-40 т/га, что обеспечивает внесение 45-60 кг/га MgO. На кислых почвах необходимо их известкование доломитовой мукой по 0,5-0,75 дозы гидролитической кислотности.

Если под покровную культуру, например ячмень, при посеве многолетних трав был внесен сульфат магния, то бобовые с большим успехом могут использовать его последствие. При выращивании многолетней бобово-злаковой травосмеси на почвах с низкой и средней обеспеченностью обменным магнием можно рекомендовать внесение сернокислого магния, при весенней перепашке зяби в дозе 90-120 кг/га MgO.

Бобовые травы могут хорошо использовать последствие на 3-4 год после его внесения. Однако повышая потребность трав в магнии во втором и последующем укосах может обуславливать необходимость внесения магнийсодержащих удобрений (для сохранения оптимального содержания магния в корме).

Магниевые удобрения необходимо применять также на посевах семенников многолетних бобовых трав в дозе до 80-100 кг/га MgO при основном внесении. По данным ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, в полевых опытах, проведенных в хозяйствах Московской области, урожай семян клевера от внесения борной кислоты в дозе 2 кг/га бора повысился на 30%, а при применении бормагневых удобрений в той же дозе (вносилось при этом примерно 20 кг MgO) – на 50%. Таким образом, прибавка урожая от магния составила 20%.

Кукуруза возделываемая на силос, обычно слабее отзывается на внесение магнийсодержащих удобрений, что связано с мощной корневой системой, способной извлекать магний из глуболежащих слоев почвы. Однако в случаях применения высоких доз азотных и калийных удобрений необходимо контролировать состав зеленой массы, идущей на корм скоту, и по мере необходимости перед посевом кукурузы 45-60 кг/га MgO в форме сернокислого магния.

Удобрение лугов и пастбищ. Нормальное содержание магния в сене разнотравья составляет 0,40-0,43% MgO в расчете на абсолютно сухое вещество. Как правило, содержание магния в молодой траве весной бывает низким: у тимофеевки луговой оно может составлять менее 0,15-0,2% MgO.

Применение на культурных лугах и пастбищах с кислыми почвами высоких доз азотно-калийных удобрений (90-180 кг N и K₂O на 1 га) неизбежно приводит к резкому снижению содержания в траве магния, что, в свою очередь, ведет к заболеванию скота гипомагниемией («магниевой тетанией»). Поэтому следует при создании культурных сенокосов и пастбищ известковать почву доломитовой или магниевой мукой в дозе по полной

гидролитической кислотности и в связи с применением на этих угодьях минеральных удобрений устанавливать систематический контроль над содержанием в траве магния и соответствия ее зоотехническим требованиям.

На сенокосах и пастбищах при ухудшении качества кормовых трав целесообразно применять весной при дисковании почвы калимагнезию в дозе 40-60 кг/га MgO. Для быстрого повышения содержания магния в траве можно поверхностно вносить эпсомит в дозе 20-25 кг/га MgO.

Удобрение плодово-ягодных культур. Плоды и ягоды наряду с картофелем и овощами являются одним из основных источников питания, с которым в человеческий организм поступает магний. Такие плодовые культуры как груша, яблоки, крыжовник, малина и смородина часто страдают от недостатка магния в почве. На кустарниках дефицит магниевого питания особенно сильно проявляется в период плодоношения, когда начинают появляться мелкие и редкосидящие плоды. В таких случаях даже внесение органических удобрений не является достаточной мерой для устранения магниевого голодания растений.

Перед закладкой сада и ягодных плантаций почву необходимо известковать доломитовой или магнезиальной, известняковой мукой не менее, чем по 0,75 гидролитической кислотности, и при наступлении стадии плодоношения установить регулярный контроль над состоянием магниевого питания растений. По мере необходимости нужно вносить в междурядья сульфат магния с одновременной глубокой его заделкой (как можно ближе к корням). Целесообразно комбинировать корневую подкормку с некорневой. некорневую подкормку производят опрыскиванием деревьев и кустарников 1-2%-ным водным раствором эпсомита не менее 3-4 раза за вегетацию. опрыскивание лучше всего производить в сухую погоду вечером. Для ускорения действия магнийсодержащих удобрений растворы эпсомита и калимагнезии можно вносить методом шприцевания в почву – в зону расположения корней в дозе 30-40 кг/га MgO.

Лесное хозяйство. В лесном хозяйстве на почвах легкого гранулометрического состава (песчаные и супесчаные) потребность деревьев в магии может обуславливать необходимость внесения магнийсодержащих удобрений. Сернокислый магний целесообразно применять в виде некорневой подкормки в дозе 100-120 кг/га MgO, а также на молодых посадках при основном внесении.

Дозы и способы внесения сернокислого магния в качестве магниевого удобрения

Сернокислый магний вследствие хорошей растворимости активно взаимодействует с почвенным раствором и поглощающим комплексом.

При расчете дозы следует учитывать содержание MgO и влаги. Расчет дозы сульфата магния в физической массе следует вести по формуле:

$$Д = \frac{100^2 \cdot H}{(100 - B) \cdot П}$$

где:

Д – доза в физической массе, т/га;

Н – доза MgO, т/га;

В – содержание влаги, %;

П – содержание MgO, %.

Рекомендуемая минимальная доза сернокислого магния 0,3 т/га увеличивает содержание в почве обменного магния на 1 мг/кг почвы и действует около 3-х лет. Максимальная доза составляет 1 т/га, при этом содержание обменного магния в почве увеличивается на 3-4 мг/кг почвы и положительное действие на урожай проявляется не менее 5-6 лет.

На кислых почвах, где длительное время применялись чисто кальциевые формы известковых материалов (CaCO_3) применение сульфата магния целесообразно в дозах, не превышающих 1 т/га.

Целесообразно добавлять MgSO_4 к чисто кальциевым формам известковых удобрений (известнякам, шлакам и др.) таким образом, что бы

содержание магния в них на пересчете на MgCO_3 составляло около 10% от содержания в них CaCO_3 .

Поскольку MgSO_4 является легкорастворимым соединением, его необходимо заделывать в почву как до посева сельскохозяйственных растений, так и в виде подкормок.

При создании культурных лугов и пастбищ сернокислый магний следует вносить в почву в дозе около 1 т/га до посева травосмесей. На известкованных кормовых угодьях сернокислый магний можно вносить в дозе не более 0,5 т/га поверхностно по травам только осенью после завершения пастбищного содержания животных.

Расчет баланса магния в почве

Баланс магния отражает состояние обеспеченности почвы и растений магнием и является средством научного обоснования потребности хозяйства, района и области в целом в магниевых удобрениях. Отрицательный баланс магния указывает на возможность истощения почв доступными формами и на необходимость безотлагательного применения магнийсодержащих удобрений для его восстановления и увеличения. При составлении баланса учитывались все приходные и расходные статьи магния в почве.

Приходная часть баланса

В практике земледелия магний поступает в почву главным образом с магнийсодержащими известковыми удобрениями; доломитовой (до 50% MgCO_3), доломитизированной (25-15%) и магнезиальной (15-10% MgCO_3) известковой мукой, а также местными залежами рыхлых пород и металлургическими шлаками. Например, в Московской области из шести предприятий, обеспечивающих область известковыми удобрениями, только в доломитовой муке Щелковского комбината содержится от 18 до 22% MgO , в известковой муке Воскресенского завода около 6,7%, Песковского 3,3%, а Серпуховского всего лишь 1,3%.

Второй существенной приходной статьей в балансе магния является поступление его с органическими удобрениями. В бесподстилочном навозе

крупного рогатого скота содержание MgO составляет 0,08% на сырое вещество, в свином 0,1%, в птичьем помете 0,4%. Торф низинный, содержащий до 0,13% MgO, следует учитывать лишь в составе органоминеральных компостов.

Третья часть приходных статей – магнийсодержащие минеральные удобрения, (калимагнезия 8-12% MgO, эпсомит 14% MgO, каинит 6-7% MgO), но в земледелии их практически нет. Существенный вклад при оптимизации баланса магния в почве может внести сернокислый магний, содержащий до 16% MgO.

Поступление магния с атмосферными осадками ничтожно мало и при составлении баланса не учитывается.

Расходная часть баланса

Основной расходной статьей является вымывание этого элемента из пахотного слоя, фильтрующимися атмосферными осадками. По данным многолетних лизиметрических исследований из дерново-подзолистых пахотных почв независимо от их гранулометрического состава в среднем вымывается 40-60 кг/га MgO в год, в на лугах 30-45 MgO. Эти величины позволяют рассчитать ориентировочные потери магния с фильтрующимися водами с любой площади пашни, сенокосов и пастбищ.

Второй расходной статьей магния в балансе является вынос урожаями сельскохозяйственными культурами. Он рассчитывается по величине урожая, умноженной на содержание в растительной продукции магния (табл. 9). ориентировочно для полевых севооборотов (50% зерновых, 40% однолетних и многолетних трав, 10% пропашных) с 10т в пересчете на зерновые единицы продукции отчуждается из почвы 3-4 кг MgO.

Таблица 9. Среднее содержание магния в основных сельскохозяйственных культурах

Культура	кг MgO на 1 т продукции	Культура	кг MgO на 1 т продукции
Озимая рожь*	2,5	Кормовые корнеплоды (корни)	0,5
Озимая пшеница*	3,2	Люпин (зеленая масса)	0,7
Яровая пшеница*	3,2	Клевер красный (сено)	7,7

Яровой ячмень*	2,5	Люцерна	3,2
Овес*	3,0	Многолетние травы (сено)	5,0
Гречиха*	3,5	Однолетние травы (сено)	4,3
Горох*	4,0	Капуста	0,3
Лен-долгунец*	6,7	Луговые бобово-злаковые травы (сено)	4,2
Сахарная свекла (корни)	0,5	Луговые злаковые травы (сено)	2,0
Картофель (клубни)	0,7		
* зерно и солома			

На примере земледелия в Московской области расчет баланса магния свидетельствует о том, что короткий промежуток времени – 12 лет резкое уменьшение применения известковых и органических удобрений изменило слабо положительный баланс магния на резко отрицательный (табл. 10).

За 2 года почвы Московской области теряют более 1,0 MgO на 100 г почвы. При таком балансе почвы со средним уровнем обеспеченности обменным магнием (для песчаных почв 80-120 мг MgO на 1 кг почвы) перейдут в категорию с низким уровнем обеспеченности этим питательным элементом (40-80 мг MgO на 1кг почвы) через 4-6 лет. Компенсация потерь магния за счет его мобилизации на песчаных почвах ничтожно мало.

При низком содержании за 4-5 лет запас подвижных соединений этого питательного элемента в почве может быть полностью исчерпан, он перейдет в первый минимум и без внесения магниевых удобрений земледелие станет невозможным.

Таблица 10. Баланс магния (MgO) в почвах Московской области в 1986 и 2001 годах

Статьи баланса	1986		2001	
	тыс. т	кг/га	тыс.т	кг/га
Приход				
Известковые удобрения	130,6		61,2	
Органические удобрения	19,2		8,7	
Магнийсодержащие удобрения	0,2		-	
Всего	150,0	89,8	69,9	41,8
Расход				
Вымывание	88,0		79,2	

Вынос урожаем	43,8		21,7	
Всего	131,8	78,9	100,9	60,4
Баланс	+18,2	+10,9	-31,0	-18,6

В настоящее время вследствие резкого снижения применения известковых удобрений баланс магния в почвах Московской области отрицательный.

Прогноз содержания магния в почве

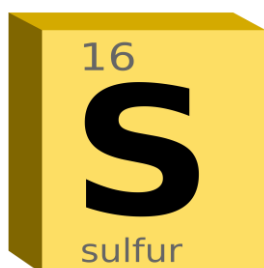
Прогноз изменения содержания обменного магния в почве производится по формуле:

$$Y = a - b \cdot x$$

где Y – содержание магния в почве на прогнозируемый период мг/кг;
 a – исходное содержание магния мг в почве, мг/кг;
 b – среднегодовые потери элемента мг из почвы, мг/кг;
 x – прогнозируемый период, лет.

Расчет потребности в магнийсодержащих удобрениях производится с учетом градации почв по содержанию обменного магния.

Применение сернокислого магния в качестве серного удобрения



Целесообразность применения удобрений, содержащих серу, и в том, числе сернокислого магния доказана полевыми опытами научно-исследовательских учреждений и агрохимической службы.

Положительный эффект серосодержащих удобрений установлен на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и черноземах.

Сера является одним из источников построения протеинов клеток, входит в состав аминокислот, участвует в образовании ферментов и витаминов, улучшает усвоение соединений азота, участвует в процессе поглощения кислорода и выделения CO_2 . Сера необходима для нормального роста и развития растения и для протекания важных метаболических процессов и окислительно-восстановительных реакциях, т. к. является переносчиком водорода. Сера влияет на образование хлорофилла, способствует усиленному развитию корней растений, формированию семян.

Сера является молекулой вкуса и запаха, повышает устойчивость культур к негативным условиям внешней среды (заморозкам, повышенным температурам, засухе, а также к радиоактивному загрязнению почв). Серу за своим многогранным значением невозможно заменить другими элементами минерального питания.

Основным критерием целесообразности применения сульфата магния в качестве серного удобрения является обеспеченность почвы доступными соединениями серы. В первую очередь его следует вносить на почвах с низким содержанием серы (менее 6 мг/кг в 1,0н КСІ вытяжке), затем на среднеобеспеченных (6-12 мг/кг). К низкообеспеченным серой А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров (2006) относят большинство подзолистых, дерново-подзолистых и серых лесных почв, которые составляют около 25% всех сельскохозяйственных угодий страны. Особенно бедны подвижными соединениями серы песчаные, супесчаные и отчасти легкосуглинистые почвы. В песчаных почвах дефицит серы наблюдается на протяжении многих лет. На эродированных почвах, которые потеряли много плодородного верхнего слоя с высоким содержанием органического вещества, сера также часто в дефиците. В настоящее время наблюдается дефицит серы на полях, где уровень содержания органического вещества относительно высок.

Признаки недостатка серы сходны с признаками недостатка азота, появляются они, прежде всего, на молодых растениях, с той лишь разницей, что пожелтение, происходящее постепенно, начинается с более молодых листьев (рис. 2). При недостатке серы образуются мелкие, со светлой желтоватой окраской листья на вытянутых стеблях, ухудшается рост и развитие растений. При этом накапливается небелковый азот и снижается отзывчивость растений на азотные удобрения.



Рис. 2. Симптомы недостатка серы

Пшенице требуется большое количество дополнительной серы. Одной из причин этого является быстрый рост культуры растений весной, когда сера высвобождается из органического вещества почвы очень медленно. Серная недостаточность отрицательно сказывается на образовании репродуктивных органов и увеличении сроков созревания.

Таблица 11. Дозы серосодержащих удобрений под различные сельскохозяйственные культуры

Культура	Почва	Прибавка урожайности и от внесения серных удобрений, ц/га	Доза серы в зависимости от гранулометрического состава почв, кг/га	
			легкосуглинистые и супесчаные	средне – и тяжелосуглинистые, глинистые
Зерновые (озимая и яровая пшеница, озимая рожь, ячмень, овес)	дерново-подзолистая	1,7-4,1	30-40	60-70
	серая лесная	1,7-3,7	30-40	60-70
	обыкновенный чернозем	3,2-3,9	30-40	60-70
	выщелоченный чернозем	2,0-6,0	40-60	60-90
	типичный чернозем	1,1-4,0	40-60	60-90
Зернобобовые (горох, вика,	дерново-подзолистая	1,6-2,0	60-70	80-100
	серая лесная	1,4-2,8	60-70	80-100

соя)	выщелоченный чернозем	1,6-2,6	60-70	80-100
	типичный чернозем	2,1-2,4	70-90	100-120
Картофель	дерново-подзолистая	14-29	60-70	80-100
	серая лесная	20-34	60-70	80-100
	выщелоченный чернозем	20-34	60-70	80-100
Сахарная свекла	дерново-подзолистая	20-30	60-70	80-100
	серая лесная	30-35	60-70	80-100
	типичный чернозем	35-46	70-90	100-120
Кукуруза (зеленая масса, зерно)	дерново-подзолистая	150-200	30-40	60-70
	серая лесная	100-120	30-40	60-70
	светло-каштановая	10-11	30-40	60-70
Клевер (сено)	дерново-подзолистая	5-12	60-70	80-100
	серая лесная	12-23	60-70	80-100
Лицерна (сено)	дерново-подзолистая	9-17	60-70	80-100
	серая лесная	6-12	60-70	80-100
	типичный чернозем	5-10	70-90	80-100
Люпин (зеленая масса)	дерново-подзолистая	30-40	60-70	80-100
Лен		1,9-3,2 сол. 0,7-1,1 сем.	80-100	100-120
Кормовые корнеплоды		30-50	60-70	80-100
Капуста, рапс, брюква, турнепс, репа, хрен, редис, редька, горчица		17-40	80-90	100-120
Сенокосы и пастбища (сено)		5-7	80-90	100-120

У плодовых культур листья и черешки становятся деревянистыми, у бобовых наблюдается слабое образование клубеньков на корнях. В отличие от азотного голодания при серном голодании желтеют верхние листья растения и не опадают, хотя имеют бледную окраску. Недостаток серы проявляется в замедлении роста стеблей в толщину.

В качестве диагностического показателя обеспеченности растений серой можно использовать отношение азота к сере. Если в надземной массе отношение N:S=15 и выше, растения не обеспечены серой.

Дозы сернокислого магния устанавливаются с учетом статей прихода и расхода серы в агросистеме. Они зависят от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, уровня прогнозируемого урожая, плодородия и гранулометрического состава почв, содержания серы в почве, ее поступления с атмосферными осадками и удобрениями.

А.Н. Аристархов (2007) разработал средние ориентировочные дозы серы, вносимой с удобрениями под основные группы полевых, кормовых и овощных культур (табл. 11). Здесь же приведены средние прибавки урожаев сельскохозяйственных культур от внесения серных удобрений.

Наименьшие дозы сернокислого магния следует применять на малобуферных почвах легкого гранулометрического состава: песчаных, супесчаных и с низким содержанием гумуса.

Получение высокого урожая сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции могут быть обеспечены только при оптимальном сочетании факторов, влияющих на рост и развитие растений. Среди средств, повышающих плодородие почв, большое значение имеют два питательных элемента: магний и сера, которые гармонично сочетаются в сернокислом магнии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур (справочник). М.: Агропромиздат.- 1990. – 263с.
2. Церлинг В.В., Ерофеев А.А. Влияние уровня серного питания на формирование урожаев злаковых, бобовых и крестоцветных растений // Агрохимия.- 1972.- №4.- С.31-40.
3. Аристархов А.Н. Агрохимия серы. М., 2007.- 272с.
4. Шкель М. Применение серосодержащих удобрений. Минск Урожай.- 1979.- 62с.
5. Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котляров Н.С. Агрохимия. Майкоп.- 2006.- 1049с.
6. Шугля З.М. Выяснение потребности растений в сере и эффективность фосфогипса на дерново-подзолистых суглинистых почвах западной части БССР. Автореф. канд. дисс. Жодиной.- 1969.- 20с.

7. Собачкин А.А. Вымывание серы у дерново-подзолистых почв // Агрохимия.- 1982.- №6.- С.85-88.
8. Вальников И.У. Круговорот серы и значение его для сельскохозяйственных культур
9. Норкина И.А., Шильников И.А., Мельникова М.Н. Рекомендации по применению магнийсодержащих удобрений в Московской области в условиях интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. М., 1988.- 21с.
- 10.Магницкий К.П. Магниеые удобрения. М., 1950.- 15с.
- 11.Мазаева М.М. магний Глава в кН. «Справочник по минеральным удобрениям». М., 1960.- С.57-61.
- 12.Шильников И.А., Сычев В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации. М., 2012.- 349с.
- 13.Шильников И.А., Аканова Н.И. Методические рекомендации по применению агрохимиката «Серпенантив» в качестве химического мелиоранта и магниевого удобрения в сельском хозяйстве Российской Федерации. М., 2009.- 27с.

Приложение

Расчет

Содержание Mg и MgO в сернокислом магнии с различным содержанием кристаллизационной воды.



Молекулярный вес $24+32+64+14+112=246$

$$\text{Содержание Mg } \frac{24 \cdot 100}{246} = 9,75\%$$

$$\text{MgO } \frac{40 \cdot 100}{246} = 16,26\%$$



Молекулярный вес $24+32+64+4+32=156$

$$\text{Содержание Mg } \frac{24 \cdot 100}{156} = 15,38\%$$

$$\text{MgO } \frac{40 \cdot 100}{156} = 25,64\%$$

Содержание MgO в двухводной соли сернокислого магния в 1,58 раза выше, чем в $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, что необходимо учитывать при расчете дозы магния