

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАГНИЕВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ БРУСИТОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Н.И. Аканова¹, д.б.н., А.В. Козлова², к.с.-х.н.,
И.И. Серегина³, д.б.н., Д.Е. Кутырева¹

¹ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»,

²ООО «РГХО»,

³ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»

Рассмотрены исследования по совершенствованию системы питания рапса на различных типах почв. Приведены усредненные результаты по полевым опытам с озимым рапсом по эффективности магниевых удобрений линейки АгроМаг, получаемых из природного минерала брусита. Выявлена высокая эффективность твердых гранулированных магниевых удобрений АгроМаг и жидкого удобрения АгроМаг АктиМакс на почвах с избыточной кислотностью среды. Отмечается положительное влияние удобрений на масличность семян рапса.

Ключевые слова: кислотность, рапс, масличность, магниевые удобрения, плодородие почв, магний, урожайность.

Для цитирования: Аканова Н.И., Козлова А.В., Серегина И.И., Кутырева Д.Е. Эффективность магниевых удобрений на основе природных бруситов и их влияние на урожайность и качество масличных культур// Плодородие. – 2025. – №1. – С. 9-12. DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.02.

Важную роль магния в жизнедеятельности растений и формировании плодородия почв трудно переоценить. Дефицит магния проявляется уже на ранних стадиях развития растений и обуславливает задержку развития, уменьшение роста корней, вплоть до угнетения, снижение усвоения питательных веществ из почвенного раствора и линейных приростов побегов, преждевременное отмирание нижних листьев и т.д. [1, 2]. Недостаток магния наиболее пагубно проявляется на злаковых (овес, пшеница, ячмень и др.), что обусловлено особенностями корневой системы этих культур [3, 4].

Дефицит магния приводит к тому, что в растительном организме не востребованные в процессе фотосинтеза электроны образуют так называемые свободные радикалы, которые, вследствие высокой чувствительности растений к воздействию солнечных лучей, могут повреждать клеточные ткани. При этом повреждения от воздействия лучистой энергии тем больше, чем интенсивнее солнечное излучение [5, 6].

Несмотря на то, что кальций и магний являются сочетающимися элементами в известковых мелиорантах, тем не менее, внесение кальциевых удобрений может обусловить дефицит магния у растений, но не из-за недостатка его в почве, а вследствие снижения усвояемости [7, 8]. Антагонизм кальция и магния приводит к тому, что они мешают друг другу. Поэтому, в условиях известкования кислых почв будут эффективны не только корневые подкормки магниевыми удобрениями, но и листовые обработки вегетирующих растений [3, 9]. При известковании почв, применении высоких доз калийных удобрений необходимо соблюдать соотношение катионов К, Са и Mg, нарушение которого приводит к недостатку магния в питании растений. Магниевые удобрения оказывают стабилизирующее воздействие на структуру почвы, магний действует в качестве коагулятора [10].

Применение магниевых удобрений обеспечивает растения необходимым количеством элемента. В настоящее время наиболее эффективными считают водорастворимые удобрения, которые можно применять для обработки растений по листу [11]. Достоинства малорастворимых удобрений состоят в том, что они имеют пролонгированный характер действия, длительное время не вымываются из пахотного слоя почв и постепенно поставляют магний в почву и растения [3, 9].

При оптимизации магниевого питания получают значительные прибавки урожая (ц/га): зерновых – 2,5-6,5, клубней картофеля – 15-45, корней сахарной свеклы – 20-60, сена многолетних трав – 4,5-8,0 [12].

Применение в некорневую подкормку сульфата магния в дозе 5 кг/га в сочетании с азотными удобрениями в фазе кущения озимой пшеницы в дозе 20 кг д.в/га способствует получению прибавки зерна более 15 ц/га. Картофель хорошо отзывается на внесение магниевых удобрений в рядки при посадке и в подкормку. Использование магнийсодержащих удобрений в посадках сахарной свеклы повышает содержание сахаров в клубнеплодах [13]. При увеличении в структуре посевных площадей зернобобовых, овощных и картофеля необходимо учитывать, что вынос магния из почвы существенно возрастает. Озимые культуры уже осенью испытывают потребность в магнии, который участвует в обмене веществ, используется и сохраняется в растении до возобновления процессов вегетации весной.

Между отзывчивостью сельскохозяйственных культур на магниевые удобрения и их потребностью в этом элементе наблюдается тесная взаимосвязь: чем более требовательны к магнию культуры, тем более высокие прибавки урожая получают при внесении магниевых удобрений [3, 9].

Магниевые удобрения способствуют повышению качества урожая: увеличиваются содержание крахмала,

сахара, белка, выполненность и масса 1000 зёрен, витамина С, отмечается улучшение всхожести и энергии прорастания семян, повышается устойчивость растений к грибным заболеваниям.

При внедрении ресурсосберегающих технологий, в том числе No-till, использование в подкормку магниевого удобрения Эпсомит в дозе 50 кг/га позволило получить прибавку урожая зерна яровой пшеницы 3,0 ц/га с выходом клейковины >28% [14].

Большое значение в сельскохозяйственном производстве уделяют масличным культурам, в группу которых собраны растения различных семейств, содержащие в своих семенах или плодах масла, используемые в хозяйственных целях. Разнообразие природно-климатических условий нашей страны позволяет возделывать широкий спектр масличных культур. Наиболее распространены, занимающими площадь более 75%, или около 18,8 млн га от общей посевной площади этой группы культур, являются соя, подсолнечник и рапс [15].

Масличные культуры служат сырьем для получения масел для пищевой, кормовой, химической и других отраслей промышленности, способствуя развитию агропромышленного комплекса страны. Необходимо отметить, что эти культуры значительно улучшают фитосанитарное состояние пахотных угодий, помогают очищению почвы от сорняков и являются хорошими предшественниками для многих сельскохозяйственных культур, в том числе для зерновых [16].

В настоящее время стоит задача увеличить валовый сбор продукции масличных культур не за счет роста посевных площадей, а, главным образом, за счет повышения урожайности этих культур, благодаря применению высокоэффективных минеральных удобрений, в том числе магниевых линейки АгроМаг.

Цель исследований – установить эффективность удобрения АгроМаг гранулированный марка MgO+S 49:20 (далее АгроМаг гр. с серой) в условиях тяжелосуглинистых лугово-черноземных почв рисовой оросительной системы Краснодарского края.

Методика. Сырьем для производства магниевого удобрения АгроМаг гранулированный различных марок служит природный бруситовый концентрат, получаемый на Кульдурском руднике, расположенном в Еврейской автономной области. АгроМаг получают путем размола и дальнейшей грануляции брусита. Основным составляющим брусита является гидроксид магния $Mg(OH)_2$ – в пересчёте на сухое вещество – не менее 61% MgO (табл. 1). АгроМаг АктиМакс – жидкое магниевое удобрение в виде стабилизированной водной суспензии, содержащей не менее 34,6% MgO.

Включение в магниевое удобрение серы (марка АгроМаг гранул. MgO+S 49:20) обусловлено тем, что в настоящее время более 70% площадей пашни характеризуются недостатком этого элемента питания растений. В современном земледелии для повышения продуктивности растений необходимо включение серосодержащих удобрений в систему питания сельскохозяйственных культур.

Для оценки эффективности магниевых удобрений линейки АгроМаг в посевах рапса в 2021–2023 г. были проведены полевые исследования в агроценозах Белгородской, Владимирской областей и Краснодарского края. Гранулированные удобрения АгроМаг применяли под вспашку осенью, под весеннюю культивацию или при посеве. Листовые подкормки использовали по

вегетирующим растениям в критические фазы их развития. В посевах рапса проводили подкормку в фазе стеблевания.

1. Характеристика удобрений линейки АгроМаг

Показатель	АгроМаг		
	гранулированный	гранул. марка MgO+S49:20	АктиМакс
Элементы питания растений: MgO	61,4	49	34,6
S (в пересч. на SO ₃)	-	20	-
CaO	2,9	1,5	1,7
N	-	-	3,8
Физические свойства:			
внешний вид	Гранулы светло-серого цвета	Гранулы от светло-серого до светло-желтого цвета	Стабилизированная водная суспензия белого цвета
массовая доля гранул размером 1-4 мм, %	90		-

Содержание магния в надземной части растений определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). Биомассу растений высушивали при 105°C до постоянной величины. Все полевые эксперименты проводили по общепринятым методикам и в соответствии с ГОСТами. Статистическую обработку полученных данных осуществляли по методике Б.А. Доспехова (1985). Корреляционный анализ проводили с использованием программ Microsoft Excel XP, Statistic v.6.0.[17].

Результаты и их обсуждение. Установлено, что практически вся усвоенная растениями сера накапливалась в семенах рапса и составляла 1,7% сухой массы. Применение АгроМаг гр. MgO+S в сочетании с NPK-удобрениями обеспечивало, в зависимости от дозы магниесодержащего удобрения, получение прибавки урожая семян [18].

2. Эффективность применения удобрений АгроМаг на гибриде озимого рапса Ксенон (2022 г.)

Вариант опыта	Урожайность семян рапса, ц/га	Прибавка урожайности	
		ц/га	%
Фон (N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀)	16,3	-	-
Фон + АгроМаг гр. с серой (MgO ₄₉ + S ₂₀)	18,8	2,5	15,3
Фон + АгроМаг гр. с серой (MgO ₁₀₀ + S ₄₀)	17,5	1,2	7,4
НСР ₀₅	0,9		

Проявление положительного действия магниевых удобрений на черноземных почвах, характеризующихся достаточной обеспеченностью магнием, главным образом, его необменной формой, количество которой составляет 90,2 и 91,3% от валового содержания, обусловлено ограниченным содержанием обменной формы элемента, составляющей 8,7 и 7,7% соответственно в пахотном и подпахотном слоях почвы. На долю наиболее доступной для растений водорастворимой формы магниевых соединений приходится менее 1%. Кроме того, интенсивное применение минеральных удобрений обуславливает подкисление почвенного раствора и выщелачивание магния из пахотного слоя почвы, что сопровождается увеличением растворимости магниевых соединений. Это приводит к повышению водорастворимых и обменных форм магния. Указанные зависимости в магниевом режиме черноземов обуславливают эффективность

и необходимость включения магниевых удобрений в систему удобрения культур севооборотов на черноземных почвах.

Магний необходим во время цветения и образования семян рапса, так как оказывает положительное влияние на формирование их масляности. Потребность в магнии рапса около 22-35 кг MgO/га. Обеспеченность магнием способствует повышению продуктивности и накоплению ценных сахаров и других углеводов в растениях рапса, что увеличивает их устойчивость к заморозкам. Выявлено, что использование магниевого удобрения АгроМаг с серой обуславливает повышение серы в семенах рапса, за счет этого улучшается качество семян. Установлена корреляционная связь между количеством магния в растении рапса и содержанием масла в семенах, и урожайностью.

В оценке влияния эффективности магниевых удобрений АгроМаг на урожайность озимого рапса в условиях типичных черноземов Белгородской области в среднем за два года установлено, что наибольший урожай семян получен при совместном использовании АгроМаг в дозе 80 кг/га и АгроМаг АктиМакс в дозе 6,0 л/га (табл. 3).

3. Эффективность применения удобрений АгроМаг под озимый рапс сорта Северянин (2021-2022 г.)

Вариант опыта	Урожайность семян рапса, ц/га	Прибавка урожая			
		к контролю		к фону	
		ц/га	%	ц/га	%
Контроль (без удобрений)	15,9	-	-	-	-
Фон (N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀)	19,2	3,3	20,8	-	-
Фон+АгроМаг гр.* в дозе 80 кг д.в./га	19,7	3,8	23,8	0,5	-
Фон+АгроМаг АктиМакс, 4,0 л/га в фазе стеблевания	20,9	5,0	31,4	1,7	8,8
Фон+АгроМаг АктиМакс, 6,0 л/га в фазе стеблевания	21,7	5,8	36,5	2,5	13,0
Фон+АгроМаг гр., 80 кг/га +АгроМаг АктиМакс, 4,0 л/га в фазе стеблевания	22,0	6,1	38,3	2,8	14,6
Фон+АгроМаг гр., 80 кг/га+АгроМаг АктиМакс, 6,0 л/га в фазе стеблевания	22,5	6,6	41,5	3,3	17,2
НСР ₀₅	0,8				

*АгроМаг гранулированный вносили под культивацию.

На обыкновенном черноземе со слабокислой реакцией почвенного раствора (рН 5,3) наиболее эффективны некорневые подкормки суспензией АгроМаг АктиМакс, причем с увеличением дозы прибавка урожая возрастала. Наибольший эффект получен при внесении магниевого удобрения по листу в дозе 6,0 л/га. Внесение только АгроМаг в дозе 80 кг д.в./га достоверного увеличения урожайности рапса не дало. Однако в сочетании с подкормкой эффект был достоверно положительный, обеспечивший получение прибавки урожая.

Проведенный анализ семян рапса показал, что их маслянистость с увеличением дозы подкормки удобрением АгроМаг АгроМакс возрастала и составила 44,6-44,9%. Следует отметить, что наблюдается тесная зависимость между количеством осадков за вегетационный период и маслянистостью семян рапса.

Результаты анализов динамики показателей кислотно-основных свойств почвы показали, что

содержание обменного магния в пахотном слое было наибольшим в 7-опытном варианте: Фон + АгроМаг гран. 80 кг д.в./га + АгроМаг АктиМакс подкормка по листу в дозе 6 л/га, и составляло 5,6 мг-экв/100 г почвы – во время всходов культуры, и 10,3 мг-экв/100 г почвы – в период уборки урожая. Значения показателя рН_{кол.} перед закладкой опыта по вариантам существенно не различались и составляли 5,27-5,43. После уборки урожая озимого рапса показатель рН_{кол.} мало изменился и составлял 5,29-5,54, достоверной разницы после первого года действия гранул АгроМаг не выявлено.

Для изучения влияния различных доз и видов магниевых удобрений линейки АгроМаг на урожайность и качество семян озимого рапса сорта Титан был заложен полевой опыт на дерново-слабоподзолистой среднекислой (рН 5,1-5,3) почве в условиях Владимирской области. Схема опыта состояла из пяти вариантов: 1) контроль – без удобрения, 2) N₅₀P₅₀K₅₀, 3) NPK+ АгроМаг, 200 кг д.в./га, 4) NPK+ АгроМаг, 200 кг д.в./га + АгроМаг АктиМакс, 4,0 л/га 5) NPK + АгроМаг АктиМакс, 4,0 л/га. Предшественником рапса был овес.

Учет урожайности озимого рапса в условиях дерново-подзолистых почв показал, что наибольший был получен при совместном использовании удобрения АгроМаг гранулированный в дозе 200 кг д.в./га и АгроМаг АктиМакс в дозе 6,0 л/га (табл. 4).

4. Эффективность применения удобрений АгроМаг под озимый рапс сорта Титан (2021-2022 г.)

Вариант опыта	Урожайность семян рапса, ц/га	Прибавка урожайности			
		к контролю		к фону	
		ц/га	%	ц/га	%
Контроль (без удобрений)	14,5	-	-	-	-
Фон (N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀)	19,6	5,1	35,2	-	-
Фон + АгроМаг гр.* в дозе 200 кг д.в./га	22,1	7,6	52,4	2,5	12,8
Фон + АгроМаг гр., 200 кг д.в./га по + АгроМаг АктиМакс, 6,0 л/га в фазе тройчатого листа	24,2	9,7	66,8	4,6	23,5
Фон+АгроМаг АктиМакс, 6,0 л/га в фазе тройчатого листа	21,9	7,4	51,0	2,3	11,7
НСР ₀₅	0,9				

*АгроМаг гранулированный вносили под культивацию.

На кислых низкоплодородных почвах внесение только гранул АгроМаг в дозе 200 кг д.в./га обусловило получение достоверной прибавки урожая рапса. Растения рапса положительно отзывались как на внесение магния в почву, так и на листовые подкормки удобрением АгроМаг АктиМакс. Усредненные по годам результаты опыта показали, что в различных погодных условиях применение системы питания озимого рапса, включающей средние дозы минеральных удобрений и магниевых удобрений АгроМаг, способствует повышению урожая семян рапса более чем в 1,5 раза и может служить эффективным фактором управления плодородием почв и качеством семян. Высокие в опыте прибавки урожая семян рапса от минеральных, в том числе магниевых удобрений, вероятно, обусловлены свойствами магния, которые в неблагоприятных условиях окружающей среды оказывают протекторное и защитное воздействия на растения, что повышает устойчивость культуры к абиотическим стрессам. При этом с

ростом урожая семян увеличивались масса 1000 зерен с 4,52 до 5,23 г (НСР₀₅ = 0,27) и масличность с 41,6 до 43,8%. Следует отметить, что на масличность семян положительное влияние в опыте оказало применение на минеральном фоне листовых подкормок суспензией АгроМаг АктиМакс.

Результаты динамики показателей кислотности и магниевого режима дерново-подзолистой почвы показали, что содержание обменного магния в пахотном слое при внесении магниевого удобрения значительно увеличилось и составляло 1,4 мг-экв/100 г почвы до посева рапса, и 2,3 мг-экв/100 г почвы после уборки урожая. Значения показателя рН_{сол.} перед закладкой опыта по вариантам колебались в пределах 5,07-5,23 ед. После уборки урожая озимого рапса значения показателя рН_{сол.} незначительно изменились и составляли 5,05-5,34.

Заключение. Результаты проведенных научно-исследовательских полевых опытов показали, что дополнение систем питания озимого рапса в различных почвенно-климатических условиях магнием и серой из минеральных удобрений АгроМаг способствует получению достоверных прибавок урожайности культуры на уровне 2,5-4,6 ц/га. Наиболее эффективным было совместное применение гранул в почву с последующими листовыми подкормками – помимо увеличения урожайности, улучшались обеспеченность почв магнием и масличность семян рапса.

Литература

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. – М.: ЦИНАО, 2000. – 524 с.
2. Farhat, N., Ivanov, A.G., Krol, M., Rabhi, M., Smaoui, A., Abdelly, C., Hüner, N.P.A. 2015. Preferential damaging effects of limited magnesium bioavailability on photosystem I in *Sullacarnosa* plants. *Planta*. 241, 1189-1206.
3. Chen, Z.C., Peng, W.T., Li, J., Liao, H. 2018. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. *Seminars in Cell & Developmental Biology*. 74, 142-152.
4. Chaudhry, A.H., Nayab, S., Hussain, S.B., Ali, M., Pan, Z. 2021. Current understandings on magnesium deficiency and future outlooks for sustainable agriculture. *Int. J. of Mol. Sci.* 22, 1819.
5. Магний: цикл характеристики, компоненты и значение. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

- <https://ru.thpanorama.com/articles/medio-ambiente/ciclo-del-magnesio-caracteristicas-componentes-e-importancia.html?ysclid=lqfmfrdnpm304562276>, свободный – (20.12.2023).
6. Kleczkowski, L.A., Igamberdiev, A.U. 2021. Magnesium signaling in plants. *Int. J. Mol. Sci.* 22: 1159.
 7. Abou Seeda, M.A., Abdallah, M.M.S., Abou, E.L.N., Yassen, A.A. 2018. Optimization of magnesium fertilizer for radish plant to obtain best yield, in terms of its both quality and quantity, and nutrient uptake. *Biosci. Res.* 15(4), 3872-3880.
 8. Магний: какие растения в нем нуждаются. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://izagri.ru/magnij-kakie-rasteniya-v-nem-nuzhdayutsya/>?ysclid=lqfn2u6sk7190017480, свободный – (21.12.2023).
 9. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. Потери питательных элементов растений. Монография. Изд-во: Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co.KG, Deutschland – 2015. – 502 с.
 10. Аканова Н.И., Козлова А.В., Животовская Е.Г., Есипенко С.В., Серегина И.И. Сравнительная эффективность приемов использования магниевого удобрения на основе брусита/Плодородие. – 2023. – №1 (130). – С. 19-22.
 11. He, H., Jin, X., Ma, H., Deng, Y., Huang, J., Yin, L. 2020. Changes of plant biomass partitioning, tissue nutrients and carbohydrates status in magnesium-deficient banana seedlings and remedy potential by foliar application of magnesium. *Sci. Horticulturae*. 268, 109377.
 12. Аканова Н.И., Козлова А.В., Серегина И.И., Полухин А.А., Кутырева Д.Е. Эффективность магниевого удобрения АгроМаг в агронозе с картофелем в зависимости от почвенно-климатических условий// Плодородие. – 2024. – №5. – С. 70-74.
 13. Нечаева Т. В., Гонн Н.В., Савенков О. А., Смирнова Н.В. Магний в почвах и растениях в условиях склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. – 2019. – №4. (дата обращения: 07.12.2020).
 14. Чекаев Н. П., Кочмина Е. О. Влагосберегающая эффективность технологий NO-TILL при возделывании озимой пшеницы // Нива Поволжья. – 2016. – № 1 (38). – С. 35-41.
 15. Безопасность и качество растительного масла в зависимости от сортов и гибридов рапса, выращенного в условиях Рязанской области / Е. И. Лупова, И. С. Питюрина, Д. В. Виноградов, Е. С. Иванов – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 8. – С. 135-143.
 16. Прахова Т. Я., Прахов В. А., Бражников В. Н., Бражникова О. Ф. Масличные культуры – биоразнообразие, значение и продуктивность// Нива Поволжья. – 2019. – № 3 (52). – С. 30-37.
 17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под ред. М. А. Федина. – М.: Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур, 1985. – 267 с.
 18. Шеуджен А.Х., Слюсарев В.Н., Бондарева Т.Н., Лебедевский И.А., Есипенко С.В. Агрономическая оценка магниевых удобрений на посевах озимого рапса// Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – №101. – С. 181-188.

631.824:631.811.6:631.816.12

EFFICIENCY OF MAGNESIUM FERTILIZERS BASED ON NATURAL BRUCITES ON YIELD AND QUALITY OF OILSEEDS

N.I. Akanova¹, D.Sc. (Biology), A.V. Kozlova², Ph.D. (Agriculture),
I.I. Seragina³, D.Sc. (Biology), D.E. Kutyreva¹

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Agrochemistry",
²ООО "RGHO",

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University – Moscow
Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev"

The article discusses research on improving the rapeseed nutrition system on various types of soils. The averaged results of field experiments with winter rapeseed on the effectiveness of magnesium fertilizers of the AgroMag line obtained from natural brucites are presented. The high efficiency of solid granular magnesium fertilizers AgroMag and liquid fertilizers AgroMag AktiMax on soils with excessive acidity of the environment has been revealed. A positive effect of fertilizers on the oil content of rapeseed is noted.

Key words: acidity, rapeseed. Oil content, magnesium fertilizers, soil fertility, magnesium, yield