

composition of oil. It has been established that sulfur-containing fertilizers application resulted in the increase of oil yield and improvement of production quality (fatty acid composition).

Поступила 15.05.2022

УДК 631.833.3:633.854.78

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-155-162](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-155-162)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТА МАГНИЯ В ПОСЕВАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА

В. А. Гончарук, М. В. Зимина, Т. Г. Синевич

*Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь масличные культуры занимают ежегодно всего лишь около 7 % в структуре посевных площадей. При этом озимый рапс занимает наибольшую площадь, урожайность которого за последние 5 лет в среднем по стране составила 18,1 ц/га [7]. В то же время у наших соседей в России и Украине основной масличной культурой является подсолнечник, посевные площади которого в 2021 г. обновили рекорды и составили 9,6 и 6,5 млн га соответственно. При этом подсолнечник является одной из самых рентабельных культур в сельскохозяйственном производстве, даже при относительно невысокой урожайности, которая в среднем за пять лет в России составила 16,0 ц/га, Украине – 23,0 ц/га [4, 12]. Такая низкая урожайность подсолнечника в большинстве случаев лимитируется недостаточным количеством вносимых удобрений и отсутствием системы защиты от болезней [3].

Получение высокого урожая маслосемян подсолнечника возможно за счет создания оптимальных условий минерального питания в течение всего вегетационного периода [6, 9]. Основными элементами питания растений являются азот, фосфор и калий, однако нельзя добиться высоких урожаев применяя только эти элементы [10]. С ростом урожайности возрастает важность обеспечения растений достаточным количеством каждого их необходимых элементов питания. Особое внимание необходимо уделять таким элементам как кальций (Ca), магний (Mg) и сера (S), которые в значительном количестве нужны для роста и развития растений. Рекомендуемая норма внесения этих элементов для подсолнечника на 1 т запланированного урожая следующая: серы – 30 кг/га, магния – 20 кг/га, кальция – 50 кг/га [5].

Сера входит в состав белков, ферментов, витаминов, фитонцидов, играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, участвует в процессах дыхания и синтеза незаменимых аминокислот, в углеводном и азотном обмене. Сера активизирует процессы роста, способствует поглощению азота растениями, улучшает устойчивость к засухе, низким температурам, заболеваниям

и т. д. Недостаток серы в почве снижает содержание хлорофилла в листьях, задерживает деление и рост клеток растений. Из-за недостатка серы снижается не только урожайность подсолнечника, но и содержание масла в семенах.

При визуальном анализе дефицит серы часто путают с дефицитом азота. В обоих случаях наблюдается отставание растений в росте, что сопровождается общим пожелтением листьев. Сера в растении неподвижна и не перемещается из старых листьев к молодым. При дефиците серы первым часто желтеют молодые листья, тогда как при дефиците азота – старые. На почвах, бедных серой, необходимо планировать внесение этого элемента. Ведь потребность подсолнечника в сере втрое больше по сравнению с зерновыми. Недостаток серы в питании культуры проявляется на почвах легкого гранулометрического состава, с кислой реакцией почвенной среды, плохой аэрацией, с низким содержанием органического вещества [8]. Оптимизация питания серой улучшает усвоение растениями азота, увеличивает содержание масла и повышает урожай подсолнечника.

По сравнению с кальцием поступление магния в растение намного меньше. Магний входит в состав хлорофилла и непосредственно участвует в фотосинтезе, поэтому его роль в жизни растений исключительна. Данный элемент является активатором и компонентом многих ферментов растений, запускающих целый ряд сложнейших процессов. Также магний улучшает использование и мобильность фосфора, увеличивает использование железа в растениях, ускоряет созревание семян и влияет на их качество.

Магний является мобильным элементом, и при его недостатке растение перемещает его из старых листьев к новым. Поэтому признаки дефицита, в первую очередь, проявляются на нижних старых листьях: жилки остаются зелеными, а вот между ними лист желтеет и даже белеет, образуется хлороз. Желтые пятна между жилок затем превращаются в омертвевшие участки и высушенные края. При остром недостатке магния отмечается «мраморная» пятнистость, скручивание и пожелтение. Когда дефицит магния становится более ощутимым, хлорозная крапчатость поражает и молодые листья. В некоторых случаях листья отмирают и опадают.

Недостаток магния в питании подсолнечника проявляется на песчаных почвах, имеющих кислую реакцию среды, а также при высоком содержании калия в почве и при низких температурах. Магниевого удобрения под подсолнечник вносят непосредственно в почву в дозе 50–80 кг/га MgO или проводят внекорневые подкормки.

В последние годы в Республике Беларусь, как и в других странах Европы, наблюдается уменьшение содержания серы в пахотных землях, а также в почвах сенокосов и пастбищ. Это связано с существенным снижением выбросов в атмосферу сульфатов промышленными предприятиями, применением высококонцентрированных удобрений и увеличением продуктивности сельскохозяйственных культур, а, следовательно, и повышением выноса серы с урожаем.

Результаты крупномасштабного обследования почв Беларуси последних туров свидетельствуют, что средневзвешенное содержание серы в пахотных почвах (среднее по всем областям) к 2013–2016 гг. снизилось до 6,19 мг/кг почвы (90,0 % почв низкой и средней степени обеспеченности серой, для сравнения

в 2009–2012 гг. – 88,7 %). Следует также отметить, что в 2016 г. средневзвешенное содержание серы различалось по областям: в Брестской области оно составило 6,58, в Гомельской – 6,81, в Гродненской – 5,53, в Минской – 7,33 и в Могилевской – 4,51 мг/кг почвы. На почвах сенокосов и пастбищ в Брестской области содержание серы составило 7,31 мг/кг почвы, в Гомельской – 8,17, в Гродненской – 6,68, Минской – 7,67 и Могилевской – 4,93 мг/кг почвы.

За последние четыре года поддерживающее известкование кислых почв проводилось недостаточно, не более чем на 58 % от потребности. Поэтому обозначилось небольшое снижение средневзвешенного содержания обменного магния, на пахотных землях на 8 мг, а на луговых землях на 14 мг MgO на кг почвы. Средневзвешенное содержание MgO в пахотных почвах Беларуси в настоящее время составляет 251 мг/кг, около 80 % площади характеризуется близкой к оптимальной обеспеченности почв магнием.

В то же время на 35,7 % площади пахотных земель отмечается высокое, местами избыточное, содержание обменного магния в почве. Повышенная обеспеченность магнием почв пахотных и луговых земель характерна для Витебской, Минской и Могилевской области, где больше суглинистых почв, с повышенной емкостью катионного обмена. В то же время в Гродненской области наблюдается самое низкое содержания MgO – 187 мг/кг почвы [1].

Сульфат магния бывает двух видов:

- гранулированный;
- кристаллический.

Гранулированный сульфат магния представляет собой серые гранулы размером от 1 до 5 мм. Удобрение хорошо растворяется в воде, подходит под все культуры.

Сульфат магния кристаллический делится на семиводный и одноводный.

Магний серноокислый семиводный (сульфат магния $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$) марка В – кристаллический порошок белого цвета, содержит: MgO – 16,9 %, S – 13,5 %, Na_2O – 0,05 %, Fe – 0,001 %, Mn – 0,003 %. Производитель – Буйский химический завод.

Производители микроудобрений торговых марок «Интермаг» и «Доктор Грин», применяемых в Беларуси, рекомендуют в рабочий раствор добавлять сульфат магния. Сульфат магния кристаллический рекомендуется для внекорневой (листовой) подкормки всех сельскохозяйственных культур. Это удобрение имеет хорошую сыпучесть. К основным достоинствам данного удобрения относятся: отсутствие содержания свинца, кадмия, хлоридов и других опасных веществ для растений, совместимость со всеми видами пестицидов, оно не формирует осадок и не создает непредвиденных ситуаций с объединением их в баковой смеси с пестицидами, микроудобрениями, стимуляторами роста, оперативно решает проблему дефицита магния и серы, активизирует фотосинтетические и биохимические процессы у растений, повышает коэффициент использования биогенных элементов питания из почвы, обладает высокой эффективностью в сочетании с КАС, карбамидом и микроудобрениями, предупреждает опасность ожогов растений карбамидом вследствие блокирования действия биурета (вредного вещества), которое находится в составе азотных удобрений, повышает стойкость посевов к неблагоприятным погодным условиям, обеспечивает повышение урожайности культур и качества полученной продукции (содержание белка и клейковины – в зерновых колосовых культурах; сахаристость – в сахарной

свекле; масличность – в подсолнечнике, рапсе и сое и др.). Норма расхода в баковой смеси – 3–8 кг/га.

В этой связи изучение удобрений, содержащих серу и магний, имеет особую актуальность. Цель исследований – определить эффективность применения сульфата магния при возделывании подсолнечника на рыхлосупесчаной почве в условиях Гродненской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования на посевах подсолнечника проводили в 2020–2021 гг. на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, подстилаемой с глубины 35 см связной супесью, в КПСУП «Гродненская птицефабрика» Гродненского района Гродненской области.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта опытных участков перед закладкой опыта была следующая: содержание гумуса – 1,74–1,89 %; pH – 5,71–5,84; содержание подвижных форм P_2O_5 – 165–195 и K_2O – 191–218 мг/кг почвы, обменных форм Ca – 925–1131 и Mg – 85–125 мг/кг почвы; обеспеченность почвы подвижными соединениями микроэлементов: бора (0,54 мг/кг почвы), марганца (1,0 М KCl) (3,1 мг/кг) и подвижного цинка (4,1 мг/кг почвы) – средняя, меди (1,0 М HCl) (1,3 мг/кг) – низкая; бонитировочный балл плодородия участка – 37,4.

В качестве основного удобрения под подсолнечник с осени под зяблевую вспашку вносили 60 кг/га P_2O_5 в виде аммонизированного суперфосфата (8 % N, 30 % P_2O_5), весной под культивацию – 210 кг/га д. в. хлористого калия (60 % K_2O), под предпосевную обработку почвы – KAC – 32–80 кг/га д. в., в подкормку в фазу 4–5 листьев – карбамид (46 % N) – 46 кг/га д. в.

Предшественником подсолнечника была озимая тритикале. Посев проводили в третьей декаде апреля сеялкой точного высева «MONOSEM» с нормой высева семян 72 тыс. шт./га с шириной междурядья 70 см, глубина заделки семян – 4–5 см.

Агротехника возделывания подсолнечника в опыте была общепринятой, с включением интегрированной системы мер защиты растений от сорняков почвенным гербицидом Гардо Голд, СЭ – 3,8 л/га, норма расхода рабочей жидкости – 200 л/га, обработка фунгицидом Пиктор, КС – 0,5 л/га в фазу начало цветения. В 2020 г. уборка проводилась в третьей декаде сентября без десикации при влажности 17–19 %, в 2021 г. в третьей декаде сентября проводилась десикация Голден Ринг, ВР – 2 л/га. Влажность при уборке в первой декаде октября составляла 14–16 %.

Закладка и проведение полевых опытов проводились согласно методике исследований со всеми требованиями, предъявляемыми к опыту. Повторность опыта – 4-кратная. Общая площадь делянки составляла 84 м² (5,6 · 15), учетная площадь – 54,6 м² (4,2 · 13). Уборка подсолнечника проводилась поделяночно вручную, общий массив в 2020 г. площадью 70 га – зерноуборочным комбайном фирмы CLAAS-Lexion 580 с кукурузной приставкой, в 2021 г. площадью 190 га – зерноуборочным комбайном JOHN DEERE 9680 WTS с подсолнечниковой жаткой Falcon 1270 (производитель «Ростсельмаш»).

Объектом исследования являлся среднеранний гибрид подсолнечника PIONEER – П63ЛЛ06: простой линолевый гибрид, вегетационный период – 112 дней (RM 41). Данный гибрид включен в государственный реестр в 2017 г., районирован

для выращивания в Брестской, Гомельской, Гродненской, Минской областях и характеризуется следующими параметрами: высота растений ниже средней, высокая урожайность и масличность, хорошая устойчивость к ложной мучнистой росе, высокая стойкость к полеганию.

Все результаты исследований подвергали статистической обработке с использованием дисперсионного анализа.

В исследованиях также применяли борное удобрение Интермаг Бор (производитель Intermag) Удобрение содержит 11 % (150 г/л) бора в легкоусваиваемой, органической форме (борэтаноламин).

Схема опыта была следующей:

1. $N_{126}P_{60}K_{210}$ – Фон.
2. Фон + Сульфат магния 15 кг ф. в. (внесение в почву).
3. Фон + Сульфат магния 5 кг ф.в. + 5 кг ф. в. + 5 кг ф. в. (некорневая подкормка).
4. Фон + Интермаг Бор 1,0 л/га + 1,5 л/га +(1,0 л/га + Пиктор 0,5 л/га).
5. Фон + (Сульфат магния 5 кг ф. в. + Интермаг Бор 1,0 л/га) + (Сульфат магния 5 кг ф. в. + Интермаг Бор 1,5 л/га) + (Сульфат магния 5 кг ф. в. + Интермаг Бор 1,0 л/га + Пиктор 0,5 л/га).

Почвенное внесение сульфата магния проводили в основной прием однократно перед посевом подсолнечника. Некорневая подкормка проводилась в 3 срока: первая подкормка – в фазу 5–6 листьев, вторая подкормка – в фазу 10–12 листьев, третья – в фазу начала цветения. В хозяйстве проводится три подкормки борными удобрениями и одна обработка фунгицидом Пиктор.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность семян в 2021 г. была выше по сравнению с 2020 г., что связано с более благоприятными погодными условиями, которые сложились в 2021 году. В 2020 г. урожайность семян подсолнечника изменялась от 20,2 (фоновый вариант) до 32,5 ц/га. В 2021 г. она составила 30,7–42,7 ц/га. В среднем за два года при соблюдении всех элементов технологии возделывания подсолнечника получена урожайность семян на уровне 25,8–37,6 ц/га (табл. 1).

Внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений обусловило получение 25,8 ц/га семян подсолнечника. Установлено, что внесение под подсолнечник сульфата магния в почву в дозе 15 кг/га не оказало достоверного влияния на урожайность. В этом варианте получено 26,1 ц/га семян подсолнечника. Однако, при внесении этого удобрения в три некорневые подкормки в дозе 5 кг/га, прибавка урожайности составила 2,3 ц/га, или 8,9 % относительно фонового варианта. В этом варианте в среднем за два года получена урожайность семян 28,1 ц/га. Известно, что подсолнечник очень требователен к бору [9]. В вариантах с внесением борного удобрения Интермаг Бор и фунгицида Пиктор, а также борного удобрения, сульфата магния и фунгицида получена в среднем за два года максимальная урожайность семян подсолнечника 36,4–37,6 ц/га. Прибавка относительно фонового варианта составила 10,6–11,8 ц/га, или 41,1–45,7 %.

Качество семян подсолнечника оценивается содержанием масла в семенах. Важно отследить, как влияют применяемые удобрения на данный показатель. За годы исследований масличность семян подсолнечника колебалась от 45,9 до 48,9 % (табл. 2).

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность семян подсолнечника

Вариант	Годы		В среднем за два года	Прибавка к фону	
	2020	2021		ц/га	%
1. Фон – N ₁₂₆ P ₆₀ K ₂₁₀	20,2	31,4	25,8	–	–
2. Фон + MgSO ₄ (15 кг/га ф. в.)	21,5	30,7	26,1	0,3	1,2
3. Фон + MgSO ₄ (5кг/га + 5 кг/га + 5 кг/га ф. в.)	22,9	33,3	28,1	2,3	8,9
4. Фон + Интермаг Бор 1,0 л/га + 1,5 л/га + (1,0 л/га + Пиктор 0,5 л/га)	31,9	40,9	36,4	10,6	41,1
5. Фон + (MgSO ₄ 5 кг ф. в + Интермаг Бор 1,0 л/га) +(MgSO ₄ 5 кг ф. в + Интермаг Бор 1,5 л/га) + (MgSO ₄ 5 кг ф. в + Интермаг Бор 1,0 л/га + Пиктор 0,5 л/га)	32,5	42,7	37,6	11,8	45,7
HCP ₀₅	1,5	1,8	–	–	–

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на масличность семян подсолнечника

Вариант	Годы		В среднем за два года	Прибавка к фону, %
	2020	2021		
1. Фон – N ₁₂₆ P ₆₀ K ₂₁₀	46,5	45,9	46,2	
2. Фон + MgSO ₄ (15 кг/га ф. в.)	46,8	46,4	46,6	0,4
3. Фон + MgSO ₄ (5кг/га+5 кг/га+5 кг/га ф. в.)	47,4	46,8	47,1	0,9
4. Фон + Интермаг Бор 1,0 л/га + 1,5 л/га + (1,0 л/га + Пиктор 0,5 л/га)	48,7	47,7	48,2	2,0
5. Фон + (MgSO ₄ 5 кг ф. в + Интермаг Бор 1,0 л/га) +(MgSO ₄ 5 кг ф. в + Интермаг Бор 1,5 л/га) + (MgSO ₄ 5 кг ф. в + Интермаг Бор 1,0 л/га + Пиктор 0,5 л/га)	48,9	48,1	48,5	2,3
HCP ₀₅	1,2	1,1	–	–

При внесении сульфата магния на фоне применения азотных, фосфорных и калийных удобрений наблюдалась лишь тенденция к увеличению масличности семян подсолнечника. Данный показатель в этих вариантах составил в среднем за два года 46,6–47,1 %. Максимальная масличность семян подсолнечника в исследованиях 48,2–48,5 % получена в вариантах с совместным внесением удобрения Интермаг Бор в три некорневые подкормки и фунгицида Пиктор, а также удобрения Интермаг Бор, сульфата магния и фунгицида Пиктор. Относительно фонового варианта масличность семян увеличилась на 2,0–2,3 %.

Расчет экономической эффективности производства семян подсолнечника по технологической карте с учетом 20 % амортизации и текущих цен на 01.12.2021 г. при закупочной цене 1330 руб./т, показал, что производственные затраты на 1 га при возделывании подсолнечника по интенсивной технологии в варианте с внесением удобрений Интермаг Бор, сульфат магния и фунгицида составляют около 1900 руб./га. За счет собственной переработки маслосемян и продажи масла, уровень рентабельности можно увеличить еще на 20–30 %.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований установлено, что подкормка подсолнечника, возделываемого на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, подстилаемой связной супесью, удобрением сульфат магния в дозе 5 кг/га, оказывает положительное влияние на урожайность семян подсолнечника. Применение удобрения увеличило урожайность на 2,3 ц/га, или 8,9 %. При внесении сульфата магния в дозе 5 кг/га с удобрением Интермаг Бор 1л/га + 1,5 л/га + 1 л/га в некорневые подкормки и фунгицида Пиктор 0,5 л/га обеспечило повышение урожайности семян подсолнечника на 11,8 ц/га, или 45,7 %, масличность семян увеличилась на 2,3 % по отношению к фону.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016) / И. М. Богдевич [и др.]; под. общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 275 с.
2. Возделывание подсолнечника на маслосемена. Типовые технологические процессы: утв. М-вом сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь 03.03.09: введ. 03.04.09. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2009. – 29 с.
3. Высокоолеиновый подсолнечник: аграриям – премия, потребителям – здоровый продукт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agroportal.ua/views/mnenieeksperta/vysokooleinovyi-podsolnechnik-agrariyam-premiyapotrebiteleyam-zdorovyi-produkt/> – Дата доступа: 27.12.2021.
4. Державна служба статистики України [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ukrstat.gov.ua/> – Дата звернення: 25.01.2022.
5. Доценко, О. Удобрения сояшнику: сучасно та ефективно / О. Доценко, М. Мірошніченко, Д. Семенов // Пропозиція нова. – 2015. – № 5. – С. 58–62.
6. Крючков, А. Подсолнечник – почвенный «вампи́р»: какие удобрения нужно вносить под подсолнечник [Электронный ресурс] / А. Крючков // Пропозиція – 2017. – № 6. – С. 68–70 – Режим доступа: <http://propozitsiya.com/podsolnechnik-rochvennyu-vampir-kakie-udobrenie-nuzhno-vnosit-pod-podsolnechnik>. – Дата доступа: 25.09.2017.
7. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 24.01.2022.
8. Пироговская, Г. В. Влияние серосодержащих удобрений на урожайность и качество озимого и ярового рапса на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / Г. В. Пироговская и [др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 2(63). – С. 114–124.
9. Привалов, Ф. И. Использование микроудобрений при возделывании

подсолнечника масличного / Ф. И. Привалов // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 5. – С. 35–38.

10. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки : БГСХА, 2016. – 383 с.

11. Усовершенствованная система удобрения подсолнечника при возделывании его по кукурузной соломе на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т. М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(№ 53). – С. 95–102.

12. Федеральная служба государственной статистики России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/> – Дата доступа: 22.01.2022.

13. Чехова, І. Рентабельність олійних культур у 2021 році [Электронный ресурс] / І. Чехова // Пропозиція – Головний журнал з питань агробізнесу – Режим доступа: <https://propozitsiya.com/ua/rentabelnist-oliynyh-kultur-u-2021-roci> . – Дата звернення: 27.12.2021.

14. Эффективность применения микроудобрений в посевах подсолнечника / В. А. Гончарук, М. С. Брилев // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 2(117). – С. 17–20.

EFFICIENCY OF THE USE OF MAGNESIUM SULFATE IN SUNFLOWER CROPS

V. A. Goncharuk, M. V. Zimina, T. G. Sinevich

Summary

The article presents the results of field studies on the effectiveness of magnesium sulfate in sunflower crops. It was found that the combined application of boron fertilizer Intermag Boron and magnesium sulfate in three foliar top dressing and Pictor fungicide once against the background of $N_{126}P_{60}K_{210}$ increases the yield of sunflower seeds by 11,8 centner/hectares. The oil content of seeds increased by 2,3 %.

Поступила 24.03.2022