

**Karina P. Gainullina**, Candidate of Biology. Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture UFRC RAS. 19, Rihard Zorge St., Ufa, 450059, Russia; Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS, 71/1E, prospekt Oktyabrya, Ufa, 450054, Russia, karina28021985@yandex.ru

**Aleksey M. Dmitriyev**, Candidate of Agriculture. Bashkir State Agrarian University. 34, 50-letiya Oktyabrya St., Ufa, 450001, Russia, dmitriev-bgau@mail.ru

**Fidan F. Safin**, Agronomist. UNC Bashkir State Agrarian University. Ufa district, Republic of Bashkortostan, Dmitrievka village, 450512, Russia, unc.bsau@mail.ru

Научная статья

УДК 633.15:631.811.98

doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-74-78.

## Стимулирующий эффект сульфата магния на стадии прорастания семян сельскохозяйственных культур\*

**Александр Алексеевич Неверов**

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН

**Аннотация.** Обработка семян сельскохозяйственных культур, имеющих различные биологические особенности (яровая пшеница, подсолнечник и нут), водными растворами сульфата магния в концентрации 1 % и 0,1 % способствует повышению лабораторной всхожести семян и усилению роста и развития 4-суточных проростков в различной степени в зависимости от культуры. В процессе исследования наблюдалась общая для всех культур тенденция: лучшие показатели лабораторной всхожести показал вариант с применением 0,1%-ной концентрации раствора  $MgSO_4$ . Наибольший стимулирующий эффект, усиливающий ростовые процессы, продемонстрировал вариант обработки семян 1%-ным водным раствором сульфата магния. У яровой пшеницы повысилась всхожесть семян на 3–4 %, увеличилась длина ростка до 49,4 мм против 41,5 мм на контроле, улучшилась выравненность ростков. У подсолнечника всхожесть повысилась на 0,5–2 %, увеличилась масса ростков на 7,3 % в варианте с 1%-ным раствором  $MgSO_4$  и масса корешков на 5,6 % в обоих вариантах. Результаты исследования показали, что реакция нута на обработку семян препаратом значительно отличалась от пшеницы и подсолнечника. Под влиянием сульфата магния лабораторная всхожесть семян нута существенно не повышалась, однако проявился заметный стимулирующий эффект: увеличение массы ростков на 60,9 %, корешков – на 83,9 %.

**Ключевые слова:** сульфат магния, семена, пшеница, нут, подсолнечник, стимулирующий эффект.

**Для цитирования:** Неверов А.А. Стимулирующий эффект сульфата магния на стадии прорастания семян сельскохозяйственных культур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. Т. 87. № 1. С. 74–78. doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-74-78.

Original article

## The stimulating effect of magnesium sulfate at the stage of seed germination of agricultural crops

**Alexander A. Neverov**

Federal scientific Center for biological Systems and agricultural Technologies RAS

**Abstract.** Treatment of seeds of agricultural crops with different biological characteristics (spring wheat, sunflower and chickpeas) with aqueous solutions of magnesium sulfate at a concentration of 1 % and 0.1 % helps to increase laboratory seed germination and enhance the growth and development of 4-day seedlings to varying degrees depending on the culture. In the course of the study, a tendency common for all crops was observed: the best indicators of laboratory germination were shown by the option using 0.1 % concentration of  $MgSO_4$  solution. The greatest stimulating effect, enhancing growth processes, was demonstrated by the option of seed treatment with a 1 % aqueous solution of magnesium sulfate. In spring wheat, seed germination increased by 3–4 %, the sprout length increased to 49.4 mm versus 41.5 mm in the control, and the sprout uniformity improved. In sunflower, germination increased by 0.5–2 %, the mass of shoots increased by 7.3 % in the variant with 1 %  $MgSO_4$  solution and the mass of roots by 5.6 % in both variants. The results of the study showed that the reaction of chickpea to seed treatment with the drug was significantly different from that of wheat and sunflower. Under the influence of magnesium sulfate, the laboratory germination of chickpea seeds did not significantly increase, however, a noticeable stimulating effect was manifested: an increase in the mass of sprouts by 60.9 %, roots by 83.9 %.

**Keywords:** magnesium sulfate, seeds, wheat, chickpeas, sunflower, stimulating effect.

**For citation:** Neverov A.A. The stimulating effect of magnesium sulfate at the stage of seed germination of agricultural crops. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 87(1): 74–78. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-74-78.

\* Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019–2021 гг. ФГБНУ БСТ РАН по теме (№ 0761-2019-0004).

Сульфат магния – магниевое, сложное, серосодержащее удобрение, которое получают из природных растворов морского типа и твёрдых солевых отложений [1]. Магний, входящий в состав хлорофилла, участвует в аккумуляции растениями солнечной энергии в процессе фотосинтеза, а поскольку фотосинтез – основа жизни растений, без магния невозможно само их существование. Содержание магния в растениях составляет в среднем 0,07 % от их массы. Если его недостаточно, снижается содержание хлорофилла в зелёных частях растений, развивается хлороз листьев в межжилковых пространствах, сами жилки при этом остаются зелёными.

Сера – один из самых важных элементов минерального питания растений, без которого их жизнь невозможна. Как и азот, она входит в состав всех белков растений, являясь незаменимым компонентом ряда аминокислот – цистеина, цистина, метионина. Сера является одним из составляющих витаминов, ферментов и т.д. Сера играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, активизации ферментов, синтезе белка, синтезе хлорофилла. Также она участвует в ассимиляции растениями нитратов, замедляет их накопление в клубнях картофеля и в других культурах [2–6].

Положительные результаты показала обработка семян сои 1%-ным водным раствором сульфата магния, что способствовало росту урожайности зерна на 17,6 %, или на 1,5 ц с 1 га, относительно контроля за счёт дополнительного формирования бобов на растении [7].

В ранее проведённых опытах исследовано применение сульфатов натрия, кальция и магния на интенсивность роста проростков и всхожесть семян сои с концентрацией раствора 0,1; 1 и 2 % [8]. По влиянию на всхожесть лучшие результаты показал сульфат магния 1%-ной концентрации, в сравнении с контролем прибавка составила 6 % у семян сорта Светлая и 7 % у сорта Касатка. Лучше повлияла на увеличение сухой массы у проростков сорта Касатка концентрация раствора сульфата магния и натрия 0,1 %, а у сорта Светлая – концентрация раствора сульфата кальция и магния 0,1 и 1 %.

В лабораторном опыте [9] семена ячменя *Hordeum vulgare* L. замачивали в 10%-ных растворах хлоридов натрия, калия, кальция и сульфата магния в течение 4 часов. В каждом растворе одну выборку помещали в электромагнитное поле  $H = 30$  Э с частотами  $f = 1,5; 8; 16; 24; 32; 40$  и  $50$  Гц, вторую – контрольную – замачивали в растворе без полевого воздействия. Использование для замачивания раствора  $MgSO_4$  при частоте 8 Гц даёт увеличение всхожести на 40 %, а при 40 Гц – снижение на 20 %. На остальных частотах эффект либо нулевой (16 и 24 Гц), либо статистически недостоверный (32 и 50 Гц).

Учёными Дагестанского государственного педагогического университета установлено стимулирование прорастания семян подсолнечника растворами сульфатов [10]. Стимулирующий эффект особенно сильно был выражен при предпосевной обработке семян сульфатами, никелем, кобальтом и железом с концентрацией, равной 0,1 %.

Опубликованных работ по влиянию обработки семян сельскохозяйственных культур сульфатом магния в литературе встречается немного, и выводы, полученные в лабораторных условиях, часто противоречат друг другу.

Поэтому **цель нашего исследования** – изучить влияние обработки семян водными растворами сульфата магния на всхожесть и биометрические показатели 4-дневных проростков сельскохозяйственных культур.

**Материал и методы.** Предметом исследования был сульфат магния семиводный  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – порошок белого цвета, пакетированный по 20 г (производитель – Южно-Уральский завод магниевых соединений, г. Кувандык, Оренбургская область), белый кристаллический, растворимый в воде. Молекулярная масса равна  $24 + 32 + 16 \cdot 4 + 7 \cdot (2 \cdot 1 + 16) = 246$ . Порошок содержит: оксид магния  $MgO$  ( $24 + 16 = 40/246 = 16,3$  %) и серу S ( $32/246 = 13$  %).

Расчёт количества препарата для обработки семян проводился по действующему веществу. Действующее вещество – сульфат магния  $MgSO_4$  (120) с содержанием в препарате  $120/246 = 48,8$  %.

Расход рабочего раствора для обработки 1 т семян сельскохозяйственных культур составляет 10 л. Расход сульфата магния семиводного (препарата) на 1 т семян при 1%-ной концентрации водного раствора составляет 205 г, 0,1%-ной – 20,5 г.

Для приготовления 100 мл 1%-ного раствора сульфата магния требуется 2,05 г семиводного сульфата магния; 0,1%-ного – 0,21 г.

Для обработки 1000 г семян использовалось 10 мл водного раствора в указанных концентрациях препарата с экспозицией 1 сутки.

Объектом исследования были семена районированных сельскохозяйственных культур:

- яровая мягкая пшеница сорта Тулайковская золотистая;
- гибрид подсолнечника Мартын;
- нут сорта Приво 1.

Обработка семян проводилась в стерильных пакетах. Семена проращивались в растительных на фильтровальной бумаге, в темноте (НБ, Т), при постоянной температуре 24 °С, в четырёхкратном повторении, по 100 шт. семян в каждом повторении. День закладки семян на проращивание и день съёма семян считались за одни сутки. Проращивание проводилось в течение 4 суток. Для контроля использовались семена,

обработанные водопроводной водой из расчёта 10 л воды на 1 т семян.

**Результаты исследования.** Обработка семян яровой пшеницы сульфатом магния оказала положительное влияние на их всхожесть (табл. 1).

Относительно контроля (80%-ная всхожесть) рост показателя составил при 1%-ной концентрации  $MgSO_4$  3 %, при 0,1%-ной – 4 %.

#### 1. Лабораторная всхожесть семян яровой пшеницы, %

Вариант	Всхожесть семян	Отклонения от контроля
I – контроль	80,0	–
II – $MgSO_4$ – 1%-ный	83,0	3,0
III – $MgSO_4$ – 0,1%-ный	84,0	4,0

Стимулирующий эффект  $MgSO_4$  проявился в увеличении длины ростка у 4-суточных проростков пшеницы (табл. 2).

Средняя длина ростков из семян, обработанных 1%-ным раствором  $MgSO_4$ , составляла 49,4 мм, 0,1%-ным раствором  $MgSO_4$  – 46,6 мм против 41,5 мм на контроле.

Важно отметить, что выравненность данного показателя была лучшей у семян, обработанных препаратом, и особенно в варианте с применением его в 1%-ной концентрации. Размеры ростков варьировали от 24 до 61 мм против 6–58 мм на контроле. Вычисленный при статистической обработке данного параметра коэффициент вариации ( $K_v$ ) имел наименьшее значение – 17,3 % в варианте с 1%-ным сульфатом магния, в варианте с 0,1%-ным – 20,8 %, на контроле – 24,5 %.

Что касается влияния  $MgSO_4$  на формирование корневой системы, то существенных изменений не обнаружено (табл. 3).

#### 2. Описательная статистика длины ростка яровой пшеницы

Вариант	Среднее, мм	Минимум, мм	Максимум, мм	Станд. отклон., мм	$K_v$ , %
I – контроль	41,5	6,0	58,0	10,2	24,5
II – $MgSO_4$ – 1%-ный	49,4	24,0	61,0	8,6	17,3
III – $MgSO_4$ – 0,1%-ный	46,6	10,0	65,0	9,7	20,8

#### 3. Описательная статистика числа зародышевых корешков яровой пшеницы

Вариант	Среднее, шт.	Минимум, шт.	Максимум, шт.	Станд. отклон., шт.	$K_v$ , %
I – контроль	4,8	3,0	6,0	0,5	10,8
II – $MgSO_4$ – 1%-ный	4,7	3,0	5,0	0,6	12,1
III – $MgSO_4$ – 0,1%-ный	4,8	3,0	6,0	0,6	12,1

#### 4. Лабораторная всхожесть семян нута и подсолнечника, %

Вариант	Нут		Подсолнечник	
	всхожесть	отклонения от контроля	всхожесть	отклонения от контроля
I – контроль	94,0	–	95,0	–
II – $MgSO_4$ – 1%-ный	90,0	–4,0	95,5	0,5
III – $MgSO_4$ – 0,1%-ный	95,0	1,0	97,0	2,0

Среднее число зародышевых корешков у проростков пшеницы находилось в пределах 4,7–4,8 шт. во всех вариантах опыта. Коэффициент вариации этого параметра варьировал в незначительных пределах – 10,8–12,1 %.

У зернобобовой культуры нута влияние водных растворов сульфата магния на всхожесть было незначительным (табл. 4). Хороший результат показал вариант с применением раствора меньшей концентрации, при этом всхожесть семян нута составила 95 %, что на 1 % больше контроля.

В варианте с 1%-ной концентрацией  $MgSO_4$  наблюдалось снижение лабораторной всхожести семян нута на 4 %.

Обработка семян подсолнечника растворами сульфата магния показала положительный эффект. Всхожесть семян увеличилась относительно контроля (95 %) на 0,5 и 2,0 % в вариантах с большей и меньшей концентрацией раствора соответственно. Однако, в отличие от лабораторной всхожести, стимулирующий эффект от обработки семян нута сульфатом магния был весьма значительным (табл. 5, 6; рис. 1).

Средняя масса ростка в изучаемых вариантах опыта увеличилась существенно – на 16,5 и 8,5 мг относительно контроля (27,1 мг), или на 60,9 и 31,4 %.

Стимулирующий эффект от обработки семян сульфатом магния проявился в увеличении массы ростков и корешков подсолнечника. В варианте с 1%-ной концентрацией раствора  $MgSO_4$  масса одного ростка составляла 100,9 мг против 94 мг на контроле, что на 7,3 % превысило контрольные показатели и на уровне контроля 93,4 мг в варианте с меньшей концентрацией препарата.

В ещё большей степени сульфат магния оказал влияние на формирование корневой системы проростков нута.

## 5. Масса одного ростка нута и подсолнечника

Вариант	Нут			Подсолнечник		
	масса ростка, мг	отклон. от контроля, мг	отклон. от контроля, %	масса ростка, мг	отклон. от контроля, мг	отклон. от контроля, %
I – контроль	27,1	–	–	94,0	–	–
II – MgSO <sub>4</sub> – 1%-ный	43,6	16,5	60,9	100,9	6,9	7,3
III – MgSO <sub>4</sub> – 0,1%-ный	35,6	8,5	31,4	93,4	–0,6	–0,6

## 6. Масса корешков одного проростка нута и подсолнечника

Вариант	Нут			Подсолнечник		
	масса корешка, мг	отклон. от контроля, мг	отклон. от контроля, %	масса корешка, мг	отклон. от контроля, мг	отклон. от контроля, %
I – контроль	47,1	–	–	28,5	–	–
II – MgSO <sub>4</sub> – 1%-ный	86,6	39,5	83,9	30,1	1,6	5,6
III – MgSO <sub>4</sub> – 0,1%-ный	81,3	34,2	72,6	30,1	1,6	5,6



Рис. 1 – Влияние обработки семян 1%-ным раствором MgSO<sub>4</sub> на рост и развитие 4-суточных проростков нута:  
1 – контроль; 2 – 1%-ный раствор MgSO<sub>4</sub>

Под влиянием препарата масса зародышевого корешка увеличилась на 39,5 мг, или 83,9 %, относительно контроля (47,1 мг) в варианте с 1%-ной концентрацией водного раствора MgSO<sub>4</sub> и на 34,2 мг, или 72,6%, в варианте с меньшей концентрацией.

На рисунке 1 визуально заметно различие по величине проростков нута (вариант II в соответствии со схемой опыта против контроля (I)). По массе зародышевых корешков у подсолнечника оба варианта имели равные показатели 30,1 мг против 28,5 мг на контроле. Увеличение массы зародышевых корешков относительно контроля составляло 1,6 мг, или 5,6 %. Стимулирующий эффект, так же как и у пшеницы, в большей степени проявился на формировании надземной части растений.

**Выводы.** Обработка семян сельскохозяйственных культур, имеющих различные биологические особенности развития (яровая пшеница, подсолнечник и нут), водными растворами сульфата магния в 1%-ной и 0,1%-ной концентрации способствовала повышению лабораторной всхожести

семян, усилению роста и развития 4-суточных проростков в различной степени в зависимости от культуры.

У яровой пшеницы повысилась всхожесть семян на 3–4 %, увеличилась длина ростка до 49,4 мм против 41,5 мм на контроле, улучшилась выравненность ростков. В то же время заметного влияния на формирование зародышевых корешков не наблюдалось.

У подсолнечника повысилась всхожесть на 0,5–2 %, увеличилась масса ростков на 7,3 % в варианте с 1%-ным раствором MgSO<sub>4</sub> и масса корешков на 5,6 % в обоих вариантах.

Реакция нута на обработку семян препаратом значительно отличалась от вышеперечисленных культур. Под влиянием сульфата магния лабораторная всхожесть семян существенно не повысилась, в варианте с 1%-ным раствором произошло даже снижение на 4 %. Однако наблюдался заметный стимулирующий эффект: увеличение массы ростков на 60,9 %, корешков – на 83,9 %.

Наблюдалась общая для всех культур тенденция: лучшие показатели лабораторной всхожести показал вариант 0,1%-ной концентрации раствора MgSO<sub>4</sub>. Наибольший стимулирующий эффект, усиливающий ростовые процессы, наблюдали в варианте с 1%-ной концентрацией водного раствора.

**Литература**

1. Сульфат магния [Электронный ресурс]. URL: [https://www.pesticidy.ru/active\\_compound/magnesium\\_sulfate](https://www.pesticidy.ru/active_compound/magnesium_sulfate) (дата обращения 16.11.2020).
2. Сера [Электронный ресурс]. URL: <https://agrostory.com/info-centre/agronomists/mezoelementy-sera/> (дата обращения 16.11.2020).
3. Аристархов А.Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг и содержание в почвах и эффективность её применения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 5. С. 39–47.
4. Танделов Ю.Л., Быстрова М.С. Влияние серосодержащих удобрений на урожай яровой пшеницы и рапса в Средней Сибири // Вестник КрасГАУ. 2007. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru>

article/n/vliyanie-serosoderzhaschih-udobreniy-na-urozhay-yarovo-y-pshenitsy-i-rapsa-v-sredney-sibiri (дата обращения: 07.12.2020).

5. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. М., 2000. 524 с.

6. Аристархов А.Н. Агрохимия серы. М., 2007. 272 с.

7. Кокорина А.Л., Демьянова-Рой Г.Б., Петрова Н.А. Влияние микроэлементов на параметры формирования урожайности сои сорта Касатка в условиях Северо-Западного региона России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 49–54.

8. Кокорина А.Л., Петрова Н.А., Демьянова-Рой Г.Б. Влияние микроэлементов на формирование проростков

семян сои сортов северного экотипа // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 40. С. 28–33.

9. Хиженков П.К., Нецветов М.В. Влияние низкоинтенсивных физических факторов на ростовые показатели растений. Переменные электромагнитные поля и растворы солей // Электронная обработка материалов. 2009. № 2 (256). С. 89–92.

10. Влияние сульфатов металлов и морской воды на прорастание семян подсолнечника сорта Пионер / Г.М. Гаджиева, Р.М. Гусейнов, П.Н. Гасаналиева [и др.] // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 2. С. 10–14.

**Александр Алексеевич Неверов**, кандидат сельскохозяйственных наук. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН». Россия, 460051. г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, nevalex2008@yandex.ru

**Alexander A. Neverov**, Candidate of Agriculture. Federal scientific Center for biological Systems and agricultural Technologies RAS. 27/1, Gagarina Av., Orenburg, 460051, Russia, nevalex2008@yandex.ru

Научная статья

УДК 633.15:631.582(470.56)

doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-78-85

## Продуктивность звеньев севооборотов с кукурузой на силос и различными видами пара в условиях Оренбургского Предуралья\*

**Виталий Юрьевич Скороходов**

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа многолетнего стационарного опыта за 2000–2020 гг. Целью исследования явилось выявление высокопродуктивных звеньев с чёрным и почвозащитным паром в системе шестипольных севооборотов длительной ротации. Объектом исследования выступал набор полевых культур (твёрдая пшеница, мягкая пшеница, кукуруза на силос, ячмень) в звеньях севооборотов с чёрным и почвозащитным паром на двух фонах питания. В качестве удобрения использовались минеральные в дозе  $N_{40}P_{80}K_{40}$  кг на 1 га д.в. Использование минеральных удобрений является высокопродуктивным средством повышения продуктивности севооборотов и пашни. Погодные условия за 21 год исследования отнесены к трём группам засушливости по Селянинову. Установлено, что к очень засушливым относятся 14 лет, когда ГТК = 0,6 и менее. Выявлена корреляционная зависимость между продуктивностью звеньев севооборотов и метеофакторами вегетационного периода. Показано, что использование суданской травы в качестве парозанимающей культуры увеличивает выход кормовых единиц, что очень ценно при сбалансированности кормов в животноводческой отрасли. Результаты исследования, проведённого в степной зоне Южного Урала с различными звеньями в шестипольных севооборотах, показывают наличие возможностей дальнейшего повышения продуктивности пашни.

**Ключевые слова:** звено севооборота, почвозащитный пар, кормовые единицы, кукуруза на силос, удобрение, вегетационный период, гидротермический коэффициент (ГТК), продуктивность.

**Для цитирования:** Скороходов В.Ю. Продуктивность звеньев севооборотов с кукурузой на силос и различными видами пара в условиях Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 78–85. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-78-85.

Original article

## The productivity of crop rotation fields with maize for silage and various types of fallow in the conditions of Orenburg Predralye

**Vitaly Yu. Skorokhodov**

Federal Research Center for of Biological Systems and Agrotechnologies of the RAS

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of many years of stationary experience for 2000–2020. The aim of the study was to identify highly productive links with black and soil-protective fallow in the system

\* Исследования выполняются в соответствии с планом НИР на 2020–2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003).