

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр овощеводства»
(ФГБНУ ФНЦО)

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –
филиал Федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»
(ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)



УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ВНИИО – филиал
ФГБНУ ФНЦО, д. с.-х. н.
Иванова М.И.

12 апреля 2022 г.

О Т Ч Ё Т


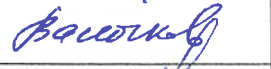

о научно-исследовательской работе по теме

**Эффективность применения магниевых удобрений
«АгроМаг гранулированный» и «АгроМаг АктиМакс»
при возделывании овощей открытого грунта
на аллювиальной луговой среднесуглинистой почве**

По договору № 1 от 17 марта 2021 г.
Заказчик ООО «ВЯЗЬМА-БРУСИТ»

МОСКВА – 2022

Список исполнителей

Руководитель НИР, главный научный сотрудник		В.А. Борисов
Ответственный исполнитель, ведущий научный сотрудник		И.Ю. Васючков
Ответственный исполнитель, ведущий научный сотрудник		Е.В. Янченко

Оглавление

I. ВВЕДЕНИЕ.....	4
II. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	7
III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	11
1.1. Действие магниевых удобрений на свойства почвы при выращивании овощных культур.....	11
1.2. Биометрические показатели овощных растений перед уборкой в зависимости от магниевых удобрений.....	14
1.3. Действие магниевых удобрений на урожайность капустных культур.....	24
1.4. Действие магниевых удобрений на биохимическое качество овощных культур.....	27
1.5. Потребление и вынос питательных веществ из почвы при использовании магниевых удобрений.....	29
1.6. Экономическая эффективность применения магниевых удобрений при выращивании овощных культур.....	32
1.7. Сохранность капусты белокочанной поздней при зимне-весеннем хранении.....	35
IV. ВЫВОДЫ.....	37
Литература.....	38

I. ВВЕДЕНИЕ

В 2021-2022 гг. ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО совместно с ООО «ВЯЗЬМА-БРУСИТ» провели испытание новых магниевых удобрений АгроМаг гранулированный и АгроМаг АктиМакс с целью оценки их действия на свойства почвы, урожайность и качество сельскохозяйственных культур – капусты белокочанной поздней, капусты пекинской и капусты брокколи.

Магний в большинстве стран мира является четвёртым макроэлементом по значимости для овощных растений. Магний входит в состав хлорофилла, фитина, пектиновых веществ, активизирует ряд биохимических процессов, связанных с синтезом углеводов, органических кислот и др. При его недостатке снижается содержание хлорофилла в зелёных частях растений и развивается хлороз между жидками листа, при остром дефиците возникает мраморность листьев, их скручивание и пожелтение. Недостаток магния для растений чаще всего проявляется на бедных этим элементом песчаных и супесчаных почвах с кислой реакцией. Эффективность магниевых удобрений зависит от типа почв, содержания обменного магния, реакции почвенной среды, наличия одновалентных катионов, биологических особенностей культур [2].

Наиболее бедны доступным магнием супесчаные и песчаные дерново-подзолистые почвы, лёгкие почвы прирусловой поймы, некоторые торфяники. Суглинистые и глинистые почвы, как правило, лучше обеспечены обменным магнием. По данным [3-4], при содержании обменного магния менее 4-7 мг/100 г почвы не обеспечивается потребность растений в магнии и необходимо внесение магниесодержащих удобрений.

На доступность магния в почве большое влияние оказывают одновалентные катионы (H^+ , NH_4^+ , K^+), которые являются антагонистами магния. В результате дефицит магния сильнее проявляется на кислых почвах, а также при внесении больших доз аммиачных и/или калийных удобрений. Известкование почвы, наоборот, улучшает магниевое питание растений.

Овощные культуры при высокой урожайности выносят из почвы больше магния, чем полевые культуры. Наибольшим выносом магния отличаются капуста белокочанная поздняя, свёкла столовая, морковь (48-60 кг/га MgO), меньшим – огурец и цветная капуста (16-25 кг/га MgO), поэтому в овощных севооборотах для компенсации выноса необходимо ежегодно вносить магниевые удобрения – по 30-50 кг/га MgO.

Из магниевых удобрений наиболее распространены магний сернокислый (16,7% MgO или 9,8% Mg) и жжёная магнезия (89% MgO).

АгроМаг гранулированный – продукт размола сырья естественного (природного) происхождения, произведён из минерального сырья – брусита $Mg(OH)_2$ путём измельчения и грануляции. Удобрение имеет форму гранул и удобно в дозировании и внесении, обладает хорошей сыпучестью, не пылит, длительного (2 года) срока хранения.

Является высококонцентрированным магниевым удобрением (не менее 61,4% MgO). Может применяться для всех сельскохозяйственных культур. По данным ООО «Русское Горно-Химическое Общество» (ООО «РГХО»), продукт наиболее эффективен под картофель, сахарную и столовую свёклу, подсолнечник, томаты, сою, кукурузу.

Дозы внесения зависят от типа культуры, почвенно-климатических условий местности, цели применения. Рекомендуемые дозы под овощные культуры – 60-75 кг/га. В рекомендуемых дозах экологически безопасен и подходит для использования в органическом земледелии.

Для кислых почв рекомендуется применять совместно с известью.

По сведениям ООО «РГХО», АгроМаг гранулированный:

- обладает длительным последствием, сочетает высокую биодоступность и стабильность в смесях;
- удобен в дозировании и применении;
- снижает риск выщелачивания магния из лёгких почв с повышенной кислотностью;
- может применяться в качестве мелиоранта для почв с повышенной кислотностью и низким содержанием обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе, обладает высокой нейтрализующей способностью;
- сочетается с азотными, фосфорными и калийными удобрениями, а также с известковыми материалами, оптимизируя соотношение кальция и магния в почве;
- при избыточном увлажнении не вымывается в нижележащие горизонты почвы благодаря слабой растворимости в воде.

АгроМаг АктиМакс – жидкое магниевое комплексное удобрение, произведённое из брусита путём измельчения и приготовления стабилизированной водной суспензии с высоким содержанием основного твёрдого компонента с добавлением азота, кальция и железа. Содержание магния (Mg) не менее 20,9%, азота (N) не менее 3,8%, кальция (Ca) не более 1,2%, железа (Fe) не более 0,06%.

Применяется как эффективный способ профилактики и устранения дефицита магния при внекорневом (опрыскивание растений) внесении. Элементы при таком способе внесения быстрее проникают в растение и включаются в обменные процессы.

АгроМаг АктиМакс используют для нормализации метаболизма сельскохозяйственных растений, повышения их урожайности, а также питательной ценности.

ООО РГХО приводит ряд преимуществ АгроМаг АктиМакс:

- быстрое усвоение растением благодаря микронному размеру частиц;
- стабильность суспензии;
- удобство в дозировании и применении;
- жидкая форма продукта обеспечивает равномерное внесение и распределение в посевах/посадках;
- высококонцентрированный продукт;
- создание длительного эффекта защиты от грибковых заболеваний;

- совместимость с большинством жидких удобрений, агрохимикатов и пестицидов.

Применение магниевой внекорневой подкормки особенно эффективно в сочетании с азотом: в начале вегетации растений происходит ускорение роста и развития растений, а на более поздних стадиях улучшается качество урожая.

Количество и сроки подкормок, доза препарата зависят от почвенных и климатических условий, системы применения удобрений в хозяйстве и листовой диагностики растений на предмет магниевого голодания.

Ориентировочная доза АгроМаг АктиМакс, по сведениям ООО «РГХО», под овощные культуры – 4-5 л/га, расход рабочего раствора – 300-400 л/га. Сроки применения – через 10-15 дней после массовых всходов/ высадки рассады и далее 1-2 раза с интервалом 15-20 дней.

II. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель исследований – оценить действие новых магниевых удобрений АгроМаг гранулированный и АгроМаг АктиМакс на питательный режим почвы, урожайность и качество овощных культур на аллювиальной луговой почве Московской области, а также на сохранность капусты белокочанной поздней при зимне-весеннем хранении.

Полевые исследования были проведены в 2021 г. на опытном участке ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО на культуре капусты белокочанной поздней, капусты пекинской и брокколи, опыт по хранению был заложен в 2021-2022 гг. в овощехранилище.

Культура	Основное внесение	Высадка рассады	Некорневые обработки	Уборка	Вегетационный период, дней
Капуста белокочанная	17.V	24.V	1 – 08.VI 2 – 25.VI 3 – 16.VII	11.X	137
Капуста пекинская	30.VII	03.VIII	1 – 12.VIII 2 – 27.VIII 3 – 13.IX	06-21.X	105-118
Капуста брокколи	28.V	03.VI	1 – 16.VI 2 – 02.VII 3 – 25.VII	10-28.VIII	105-133

Опыты заложены в 4 повторениях. Площадь учётной делянки составила 11,2 м² (2,8×4,0). Исследования проведены в соответствии с [1].

С х е м ы о п ы т о в

Капуста брокколи

1. Без удобрений (абсолютный контроль);
2. N₁₂₀P₆₀K₁₅₀ – фон (контроль);
3. Фон + MgSO₄×7H₂O в подкормку (10 кг/га физ. веса, опрыскивание) трёхкратно;
4. Фон + АгроМаг АктиМакс, 5 л/га некорневая подкормка (опрыскивание) трёхкратно.

Капуста пекинская

1. Без удобрений (абсолютный контроль);
2. N₁₂₀P₆₀K₁₅₀ – фон (контроль);
3. Фон + MgSO₄×7H₂O в подкормку (10 кг/га физ. веса, опрыскивание) трёхкратно;
4. Фон + АгроМаг АктиМакс, 5 л/га некорневая подкормка (опрыскивание) трёхкратно.

Капуста белокочанная поздняя

1. Без удобрений (абсолютный контроль);
2. $N_{150}P_{100}K_{250}$ – фон (контроль);
3. Фон + АгроМаг гранулированный, 60 кг/га Mg в основное внесение (162 кг в физ. весе);
4. Фон + АгроМаг марка MgO+S 58:10, 60 кг/га Mg в основное внесение (172 кг в физ. весе);
5. Фон + АгроМаг АктиМакс, 5 л/га некорневая подкормка (опрыскивание) трёхкратно;
6. Фон + АгроМаг гранулированный в основное внесение + АгроМаг АктиМакс некорневая подкормка (опрыскивание) трёхкратно;
7. Фон + $MgSO_4 \times 7H_2O$ 60 кг/га Mg в основное внесение (600 кг в физ. весе);
8. Фон + $MgSO_4 \times 7H_2O$ в подкормку (10 кг/га в физ. вес, опрыскивание) трёхкратно.

3-кратная внекорневая обработка (опрыскивание) рабочим раствором Агро Маг АктиМакс (доза препарата 5 л/га, расход рабочего раствора 500 л/га) и магнием сернокислым семиводным (10 кг/га физ. веса, расход рабочего раствора 500 л/га) проведена через неделю-две после высадки рассады, 2-3 недели после первой обработки и в фазу завязывания кочана.

Повторность опытов 4-х кратная, размещение повторений систематическое.

Основное внесение минеральных удобрений (для создания фона), а также АгроМаг гранулированный и $MgSO_4 \times 7H_2O$ проведено вразброс, вручную, согласно схеме опыта, с последующей их заделкой культиватором на глубину 8-10 см. В качестве основных минеральных удобрений применялись: аммиачная селитра (34% N), двойной суперфосфат (42% P_2O_5) и хлористый калий (60% K_2O). Удобрения вносили весной под культивацию. Рекомендованные дозы удобрений составили: для капусты белокочанной поздней $N_{150}P_{100}K_{250}$, для капусты пекинской и брокколи $N_{120}P_{60}K_{150}$ [2].

Высадка рассады капусты пекинской и брокколи проведена по схеме 0,70×0,40, густота 35-36 тыс. шт./га, капусты белокочанной – по схеме 0,70×0,45, густота 31-32 тыс. шт./га.

Во время вегетации были проведены по мере необходимости поливы, прополки, культивации, опрыскивания растений против вредителей, болезней.

При весовом учёте выделяли общий урожай, стандартный урожай.

Статистическая обработка данных урожайности проведена по [3-4].

Почвы опытного массива ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО относятся к типу аллювиальных луговых насыщенных почв. Почвы среднесуглинистые, окультуренные, влагоёмкие, глубина пахотного слоя ~ 27 см, глубина залегания грунтовых вод более 2 м. Наименьшая влагоёмкость пахотного слоя почвы 29,5-30,3%, слоя почвы 40-60 см – 30,0-31,3%. Объёмная масса верхнего слоя – 1,18-1,22 т/м³, нижележащих слоёв – 1,22-1,24 т/м³. Плотность твёрдой фазы почвы (удельная масса) – 2,58–2,60

т/м³. Скважность почвы оптимальная для сельскохозяйственных культур и колеблется по слоям от 52,1 до 55,0%

Почва опытного участка хорошо окультуренная, имеет высокий уровень естественного плодородия. Кислотность 6-6,5 единиц рН, содержание гумуса в пахотном слое 3-3,2%, общего азота 0,23-0,28%, нитратного азота (май) 1,4-6,1 мг/100 г, подвижного фосфора (по Чирикову) 25-27 мг/100 г, калия (по Чирикову) – 10-15 мг/100 г. Гидролитическая кислотность низкая (0,7-1,2 мг-экв/100 г), сумма обменных оснований (28-30 мг-экв/100 г) и степень насыщенности основаниями (96-98%) высокая.

Таблица 1 – Погодные условия вегетационного периода 2021 года							
Месяц	Декада	Среднесуточная t воздуха, °С		Осадки, мм		Влажность воздуха, %	
		2021 г.	± к среднемноголетней	2021 г.	% среднемноголетних	2021 г.	± к среднемноголетней
Май	I	9,9	0,3	46,7	333,6	64,4	0,9
	II	18,4	6,9	6,8	40,0	60,6	-1,4
	III	15,2	1,1	17,7	93,2	66,4	3,9
За месяц		14,5	2,8	71,2	142,4	63,8	1,2
Июнь	I	16,5	2,1	15,8	79,0	64,9	5,4
	II	20,4	5,0	14,0	66,7	67,4	7,4
	III	24,9	8,5	32,3	134,6	67,8	6,3
За месяц		20,6	5,2	62,1	95,5	66,7	6,3
Июль	I	22,5	5,1	0,0	0,0	63,4	-0,6
	II	25,3	7,5	11,2	41,5	63,4	-2,1
	III	20,1	2,4	9,7	35,9	65,7	-1,3
За месяц		22,7	5,0	20,9	26,1	64,2	-1,3
Август	I	20,8	3,7	32,0	128,0	78,1	9,1
	II	21,2	5,3	34,6	150,4	75,7	5,2
	III	17,7	3,3	13,8	62,7	73,3	0,8
За месяц		19,9	4,1	80,4	114,9	75,7	5,0
Сентябрь	I	11,8	-0,7	16,1	80,5	80,7	6,7
	II	10,4	-0,4	28,4	157,8	77,5	-0,5
	III	8,1	0,0	43,1	253,5	88,0	10,0
За месяц		10,1	-0,4	87,6	159,3	82,1	5,4
За май-сентябрь		17,6	3,3	322,2	100,7	70,5	3,3

Отбор почвенных проб в слое 0-20 см проводили тростевым буром до внесения удобрений (май), в фазу начала образования корнеплодов/кочанов (июль) и после уборки культуры (сентябрь-октябрь). Определение кислотности почвы (рН_{сол}), гумуса, подвижных питательных веществ (N-NO₃, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg) проводили общепринятыми методами по [5]. Анализ растительной продукции (урожая) с определением сухого вещества, сахаров, витамина С и нитратов проводили по [6]; валовое содержание в продукции N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg проведено по [7].

Погодные условия начала и середины вегетации (I-II декады июня, июль) капусты белокочанной и брокколи были неблагоприятны для роста и развития растений (табл. 1). За май выпало 71 мм осадков (142% многолетних), что обеспечило почву влагой и благоприятно отразилось на приживании рассады. В дальнейшем, повышенные среднесуточные температуры воздуха (на 5-5,2⁰С) и малое количество осадков (66-79% от многолетней нормы в I-II декадах июня и 26% от нормы в июле) сдерживали развитие растений; острый недостаток влаги в данные периоды компенсировали поливами (1-2 раза в декаду нормой по 250 м³/га), поэтому значительной задержки в росте и развитии растений не наблюдалось. Лишь в III декаде июня выпало 32 мм осадков – 134% от многолетних значений.

Влажность воздуха в июне была повышена на 5,4-7,4% от многолетней, а в июле из-за почти полного отсутствия осадков – снизилась на 0,6-2,1% от многолетних значений. В августе наблюдалось снижение среднесуточной температуры воздуха до 17,7-21,2⁰С, что также превышало климатическую норму на 3,3-5,3⁰С. Осадки в I и II декадах августа (128% и 150% многолетних значений) и повышенная влажность воздуха способствовали росту и развитию растений. С III декады августа и по II декаду сентября снова наблюдался дефицит осадков (63% и 80% от многолетних значений), что негативно отразилось на росте кочанов. Выпавшие дожди во II декаде сентября (157% от нормы) вкупе с понижением среднесуточных температур до 8,1-10,4⁰С позволили закончить вегетацию растений и приступить к уборке.

Сумма осадков, выпавших за вегетацию, близка к климатической норме, однако распределение их по вегетационному периоду крайне неравномерно. Наиболее засушливые месяцы – июль (26%), I-II декады июня (66-76%), II декада мая (40%), III декада августа – I декада сентября (62-80%). Самые тёплый период – со II декады июня по III декаду июля (+5...+8,5⁰С к многолетним значениям).

Капуста пекинская и брокколи выращивались с применением системы капельного орошения, что позволило поддерживать оптимальную влажность почвы на протяжении всего вегетационного периода.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Действие магниевых удобрений на свойства почвы при выращивании овощных культур

Наиболее важно для питания растений присутствие в почвенном растворе ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , K^+ , NO_3^- и H_2PO_4^- и постоянное их пополнение. Содержание в почвенном растворе катионов H^+ и Na^+ определяет его реакцию, от которой сильно зависят рост и развитие растений. При кислой реакции повышается поступление анионов в растение, но ограничивается поступление катионов, нарушается питание растений кальцием и магнием и тормозится синтез белка, подавляется образование сахаров в растении.

Недостаток кальция и, особенно, магния наблюдается часто на почвах лёгкого механического состава, особенно кислых, где наряду с более низким содержанием этих элементов возможны и значительные потери за счёт выщелачивания.

Таблица 2. Динамика питательных веществ в почве (0-20 см) под капустой брокколи (2021 г.)								
Вариант	рН	Гумус, %	Подвижные питательные вещества, мг/100 г					
			N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
Исходное (до внесения удобрений, май)								
	6,17	3,07	3,80	0,18	20,8	11,7	324	32,9
Середина вегетации (начало формирования головок, июль)								
Без удобрений	6,11	3,02	1,22	0,33	20,1	9,7	320	32,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	6,09	3,04	5,35	0,78	23,5	13,2	318	32,8
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	6,10	3,00	5,18	0,66	22,8	13,0	314	32,6
Фон + Акти-Макс 5 л/га*	6,08	3,05	5,14	0,60	23,1	13,6	318	32,6
Конец вегетации (уборка, август)								
Без удобрений	6,05	2,96	0,51	0,02	19,4	6,9	317	31,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	6,08	3,03	2,02	0,07	21,3	8,7	315	30,5
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	6,06	2,98	1,96	0,09	21,5	8,2	313	31,6
Фон + Акти-Макс 5 л/га*	6,05	3,01	1,83	0,11	21,9	8,5	316	32,0
*Трёхкратные некорневые обработки								

Применение минеральных удобрений в основное внесение повышало концентрацию подвижных питательных веществ в пахотном слое почвы, наиболее выражено было по основным элементам (N-NO₃, P₂O₅, K₂O) в фазу начала формирования кочанов/головок (июль – у белокочанной и брокколи; у пекинской – сентябрь), к окончанию вегетации различия между вариантами сглаживались (табл. 2-4). Приме-

нение магниевых удобрений (в составе АгроМаг гранулированный и магний сернокислый) в дозе 60 кг/га Mg (капуста белокочанная поздняя) к концу вегетации имело тенденцию к повышению содержания обменного магния в почве, особенно на варианте с внесением легкорастворимого сернокислого магния. Трёхкратное опрыскивание вегетирующих растений раствором АгроМаг АктиМакс (5 л/га) и магния сернокислого семиводного (10 кг/га физ. веса) не оказало значительного влияния на содержание питательных веществ в почве.

Таблица 3. Динамика питательных веществ в почве (0-20 см) под капустой пекинской (2021 г.)

Вариант	рН	Гумус, %	Подвижные питательные вещества, мг/100 г					
			N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
Исходное (до внесения удобрений, июль)								
	6,11	3,03	2,85	0,54	21,7	11,9	327	33,3
Середина вегетации (начало формирования кочанов, сентябрь)								
Без удобрений	6,07	3,00	1,42	0,23	21,5	8,9	325	31,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	6,05	3,02	4,56	0,42	22,1	12,3	328	30,4
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	6,06	3,00	4,38	0,38	22,3	12,1	324	32,1
Фон + Акти-макс 5 л/га*	6,06	2,98	4,45	0,36	21,9	12,5	327	32,8
Конец вегетации (уборка, октябрь)								
Без удобрений	6,05	2,95	0,06	0,01	20,4	8,4	323	31,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	6,06	3,00	0,89	0,06	21,0	9,6	323	30,2
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	6,07	2,97	0,81	0,04	21,4	9,7	321	31,9
Фон + Акти-макс 5 л/га*	6,08	2,97	0,77	0,09	21,4	9,9	321	31,6

*Трёхкратные некорневые обработки

К концу вегетации на всех вариантах опыта наблюдалась естественная убыль гумуса вследствие разложения его почвенной биотой как на NPK-фоне, так и на вариантах с дополнительным внесением магниевых удобрений. Содержание нитратного азота, подвижной (сульфатной) серы и подвижного калия в почве закономерно снижалось к концу вегетации растений, как за счёт поглощения растениями, так и вследствие процессов денитрификации, вымывания, фиксации и др. Содержание подвижного фосфора во все сроки учёта было на высоком уровне (более 20 мг/100 г). Реакция почвенной среды (рН) имела тенденцию к подкислению на всех вариантах опыта к окончанию вегетации овощных растений, в большей степени – на вариантах без внесения магниевых удобрений.

Таблица 4. Динамика питательных веществ в почве (0-20 см) под капустой белокочанной поздней (2021 г.)								
Вариант	рН	Гумус, %	Подвижные питательные вещества, мг/100 г					
			N-NO ₃	S-SO ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
Исходное (до внесения удобрений, май)								
	6,28	3,19	1,87	0,65	23,8	12,8	355	30,9
Середина вегетации (начало образования кочана, июль)								
Без удобрений	6,23	3,13	2,43	0,39	23,0	10,3	353	29,9
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	6,25	3,14	6,11	0,47	23,8	15,1	350	28,7
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	6,26	3,17	6,03	0,43	23,5	14,7	348	30,5
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг марка MgO+S 58:10)	6,24	3,15	6,15	0,54	23,3	14,8	351	31,0
Фон + 5 л/га (АгроМаг Ак-тиМакс)*	6,26	3,14	6,86	0,41	23,7	14,5	352	29,3
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га Ак-тиМакс	6,24	3,18	5,87	0,48	23,3	14,5	352	32,0
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	6,25	3,17	5,93	0,37	23,5	15,2	348	32,6
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	6,23	3,15	6,28	0,44	23,5	14,7	351	30,0
Конец вегетации (уборка, октябрь)								
Без удобрений	6,16	3,08	0,58	0,36	21,1	6,3	349	29,4
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	6,18	3,11	1,89	0,34	21,5	7,8	345	28,9
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	6,22	3,11	1,33	0,36	22,6	9,8	342	31,1
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг марка MgO+S 58:10)	6,22	3,09	1,18	0,39	22,6	10,7	343	31,6
Фон + 5 л/га (АгроМаг Ак-тиМакс)*	6,19	3,12	1,22	0,28	22,1	9,5	347	29,5
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га Ак-тиМакс	6,21	3,07	1,37	0,29	21,8	10,9	343	32,4
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	6,23	3,11	1,44	0,34	21,9	11,3	342	32,7
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	6,20	3,12	1,28	0,30	22,1	9,5	344	29,6

1.2. Биометрические показатели овощных растений перед уборкой в зависимости от магниевых удобрений

Применение удобрений положительно отразилось на биометрических показателях растений капусты брокколи, пекинской и белокочанной поздней.

Согласно стандарту ГОСТ 33854-2016 «Капуста брокколи свежая. Технические условия» калибровку головок брокколи проводят по их максимальному диаметру или по диаметру стебля на срезе. Минимальный размер головки по ее диаметру должен быть не менее 6 см. Разница в размерах в одной упаковке по диаметру самой мелкой головки менее 10 см должна быть не более 4,0 мм, самой мелкой головки не менее 10 см – не более 8,0 мм.

В среднем по вариантам опыта головки брокколи незначительно различались размерными показателями, но отличались массой (562 г против 828 г). Применение удобрений способствовало большему росту и развитию головок брокколи по сравнению с контрольным (без удобрений) вариантом. Это выражалось как в увеличении поперечного диаметра головок, так и повышении массы (табл. 5). Максимальные размеры (поперечный диаметр 17,6 см) и масса (831 г) головок достигались при некорневой подкормке растений «АгроМаг АктиМакс» на фоне основного внесения $N_{120}P_{60}K_{150}$. При комплексном внесении $N_{120}P_{60}K_{150} + MgSO_4 \times 7H_2O$ в подкормку также отмечалось увеличение размеров и массы головок по сравнению с фоном $N_{120}P_{60}K_{150}$. Наиболее эффективными был «АгроМаг АктиМакс» 5 л/га 3-х кратная некорневая подкормка на фоне основного внесения $N_{120}P_{60}K_{150}$, давая прибавку массы головок больше на 346 г по сравнению с фоном при одновременном увеличении их размерных показателей. Аналогичная картина характерна и для капусты пекинской (табл. 6).

Таблица 5. Биометрия капусты брокколи перед уборкой (в среднем на 1 растение), 2021 г.

Вариант	Масса растения, кг	Головка						Доля основной продукции
		масса, кг	% к фону	высота, см	% к фону	диаметр, см	% к фону	
Без удобрений	1,68	0,562	-	16,5	-	15,5	-	0,34
$N_{120}P_{60}K_{150}$ – фон	1,99	0,711	-	17,1	-	16,2	-	0,36
Фон + $MgSO_4 \times 7H_2O$ 10 кг/Га*	2,09	0,775	9,0	17,5	2,3	17,2	6,2	0,37
Фон + АктиМакс 5 л/Га*	2,11	0,831	16,9	17,7	3,5	17,6	8,6	0,39
НСР₀₅	-	0,08	-	0,04	-	0,04	-	-

*Трёхкратные некорневые обработки

Таблица 6. Биометрия капусты пекинской перед уборкой (в среднем на 1 растение), 2021 г.								
Вариант	Масса растения, кг	Головка						Доля основной продукции
		масса, кг	% к фону	высота, см	% к фону	диаметр, см	% к фону	
Без удобрений	1,57	0,705	-	23,4	-	11,7	-	0,45
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	2,20	1,184	-	29,6	-	12,8	-	0,54
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	2,31	1,31	10,6	29,8	0,68	13,2	3,1	0,57
Фон + Акти-Макс 5 л/га*	2,59	1,53	29,2	30,3	2,36	13,4	4,7	0,59
НСР₀₅	-	0,115	-	0,03	-	0,03	-	-

*Трёхкратные некорневые обработки

Применение НРК и магниевых удобрений положительно отразилось на размерно-весовых параметрах растений капусты белокочанной (табл. 7). В сравнении с контролем (без удобрений), при основном внесении N₁₅₀P₁₀₀K₂₅₀ повышалась масса кочана на 0,63 кг, масса растения – на 0,81 кг; также отмечено увеличение массы листового аппарата, и наружной кочерыги. Применение магниевых удобрений в дозе 60 кг/га Mg в составе АгроМаг гранулированный имело тенденцию к повышению весовых параметров растения. Применение АгроМаг (60 кг/га) с обогащением серой (марка MgO+S 58:10) повышало массу кочана на 0,3 кг к фону, массу растения – на 0,4 кг, обеспечивая максимальную долю основной продукции в структуре растения – 0,68. Применение магния сернокислого в основное внесение незначительно уступало варианту с АгроМаг гранулированный в размерно-весовых характеристиках растений капусты. Трёхкратные некорневые обработки растений Агро Маг АкиМакс (5 л/га) были более эффективны, нежели опрыскивания раствором сернокислого магния (10 кг/га физ. веса).

Таблица 7. Биометрия капусты белокочанной перед уборкой (в среднем на 1 растении), 2021 г.

Вариант	Масса растения, г	Кочан			Масса листьев, кг	Масса кочерыги, кг	Число листьев, шт.	Доля основной продукции
		масса, кг	высота, см	ширина, см				
Без удобрений	2,13	1,34	16,0	14,5	0,47	0,32	10,2	0,63
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	2,94	1,97	16,9	18,8	0,61	0,36	11,3	0,67
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	3,23	2,13	17,2	20,3	0,73	0,37	10,7	0,66
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг марка MgO+S 58:10)	3,34	2,27	17,2	21,1	0,71	0,36	11,9	0,68
Фон + 5 л/га (АгроМаг АктиМакс)*	3,30	2,18	17,5	23,3	0,77	0,35	12,1	0,66
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг гр. + 5 л/га АктиМакс*	3,03	2,03	17,0	19,0	0,67	0,33	11,3	0,67
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	3,20	2,11	17,0	19,7	0,74	0,35	10,5	0,66
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	3,20	2,08	16,8	19,8	0,76	0,36	10,9	0,65
НСР₀₅	-	0,13	-	-	0,08	0,04	-	-
*Трёхкратные некорневые обработки								



Рассада капусты брокколи



Высадка рассады



Общий вид опытов

Рисунок 1 – Испытание магниевых форм удобрений на культуре капусте брокколи

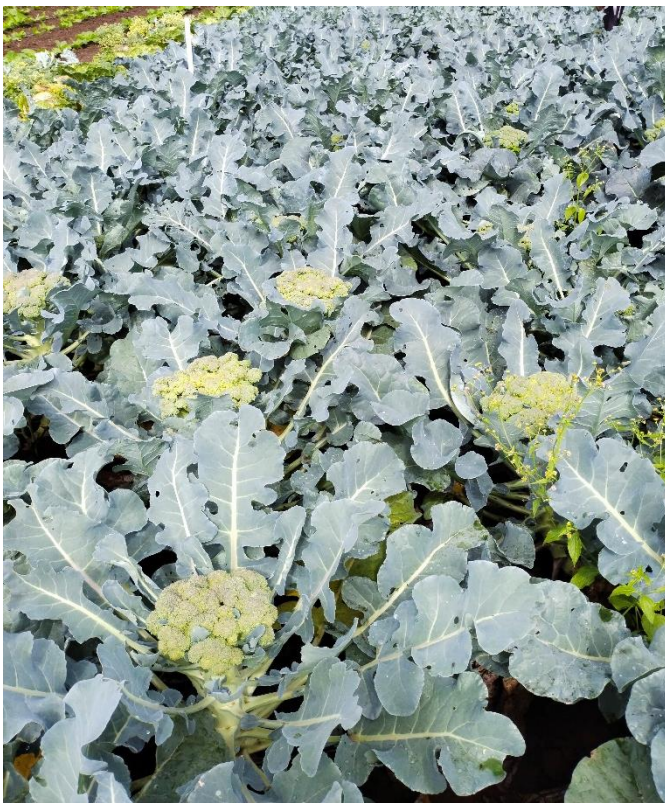


Рисунок 2 Испытание магниевых удобрений на культуре капусты брокколи



Рисунок 3 Испытание магниевых удобрений на культуре пекинской капусты



Рисунок 4 Испытание магниевых удобрений на культуре пекинской капусты



Рисунок 5 Испытание магниевых удобрений на культуре пекинской капусты

Кочаны с фона НРК



Внесение удобрений



Высадка рассады



Кочаны с фона НРК



Кочаны с дополнительной обработкой АгроМаг АктиМакс на фоне НРК

Рисунок 6 – Испытание магниевых удобрений на культуре капусты белокочанной поздней

1.3. Действие магниевых удобрений на урожайность капустных культур

Минеральные удобрения, в том числе магниевые, значительно повышали урожайность капусты брокколи, пекинской и белокочанной поздней (табл.8-10).

Таблица 8. Урожайность капусты брокколи Лорд F₁ в зависимости от магниевых удобрений (2021 г.)

Вариант	Урожайность кочанов, т/га		Прибавка стандарта к фону NPK		Выход стандартной продукции, %
	общая	стандарт	т/га	%	
Без удобрений	20,5	19,3	-	-	94,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	25,6	24,7	-	-	96,5
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	27,3	26,6	1,9	7,6	97,4
Фон + АктиМакс 5 л/га*	29,1	28,8	4,1	16,6	99,0
НСР₀₅	1,8	-	1,8	-	-

*Трёхкратные некорневые обработки

Максимальная урожайность головок брокколи, также как и капусты пекинской, получена при основном внесении расчетной нормы полного минерального удобрения и последующей 3-х кратной некорневой обработки «АгроМаг АктиМакс» (5 л/га) некорневая подкормка в фазу формирования головок - 18,6 т/га, прибавка к контролю составила 4,1 т/га или 16,6%.

Небольшой эффект от внесения минеральных удобрений наблюдался на фоне N₁₂₀P₆₀K₁₅₀ + MgSO₄×7H₂O в подкормку, прибавка составляла лишь 1,9 т/га. Что касается расчетной нормы полного минерального удобрения N₁₂₀P₆₀K₁₅₀, то она превзошла по урожайности абсолютный контрольный вариант на 5,1 т/га или на 24,8%.

Таблица 9. Урожайность капусты пекинской Ника F₁ в зависимости от магниевых удобрений (2021 г.)

Вариант	Урожайность кочанов, т/га		Прибавка стандарта к фону NPK		Выход стандартной продукции, %
	общая	стандарт	т/га	%	
Без удобрений	25,2	17,6	-	-	69,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	40,8	34,4	-	-	84,3
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	44,3	39,8	5,4	15,7	89,8
Фон + АктиМакс 5 л/га*	52,5	49,5	15,1	43,9	94,3
НСР₀₅	4,1	-	4,1	-	-

*Трёхкратные некорневые обработки

Основное минеральное удобрение (NPK) положительно повлияло на урожайность и выход стандартной продукции пекинской капусты. Прибавка стандартной продукции фона N₁₂₀P₆₀K₁₅₀ – к фону без удобрений (абсолютный контроль) составила 95,5% (16,8 т/га). Вы-

ход стандартной продукции увеличился на 14,5%. Нестандартная фракция кочанов пекинской капусты была представлена шуплыми, недоразвитыми кочанами. Всё это свидетельствует о том, что пекинская капуста предъявляет высокие требования к плодородию почв.

Дополнительное применение магниевых удобрений (Фон + $MgSO_4 \times 7H_2O$ в подкормку и Фон + «АгроМаг АктиМакс» 5 л/га некорневая подкормка 3-хкратно) проявило тенденцию к повышению выхода стандартной продукции пекинской капусты.

Трёхкратное внекорневое опрыскивание рабочим раствором Агро Маг АктиМакс в дозе 5 л/га обеспечило повышение общей и стандартной урожайности пекинской капусты и наибольшую прибавку к контролю в 43,9%. На данном варианте отмечен наибольший процент стандартной продукции – 94,3%.

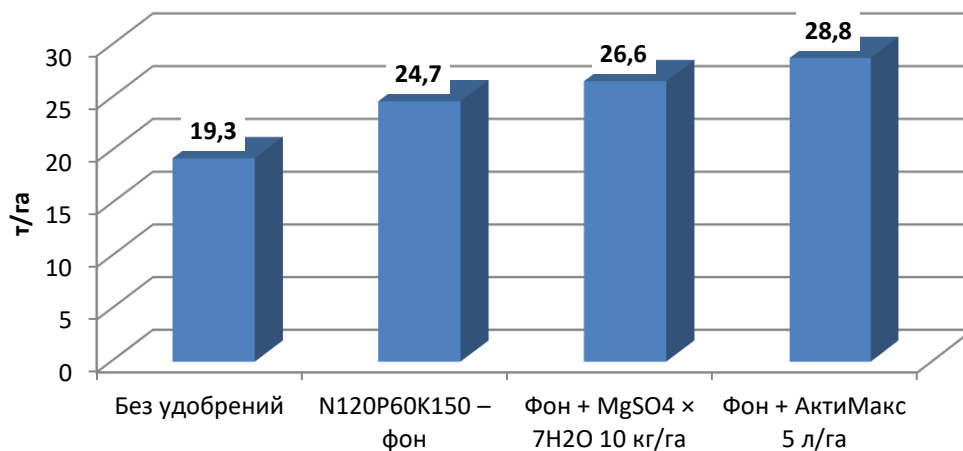
Таблица 10. Урожайность капусты белокочанной поздней Континент F₁ в зависимости от магниевых удобрений (2021 г.)

Вариант	Урожайность, т/га		Прибавка стандарта к фону NPK		Выход стандартной продукции, %
	общая	стандарт	т/га	%	
Без удобрений	44,3	40,3	-	-	91
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	64,4	61,2	-	-	95
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	69,6	66,1	4,9	8,1	95
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг марка MgO+S 58:10)	71,1	68,3	7,1	11,6	96
Фон + 5 л/га (АгроМаг АктиМакс)*	74,2	70,5	9,3	15,2	95
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га АктиМакс	68,0	65,3	4,1	6,7	96
Фон + Mg ₆₀ ($MgSO_4 \times 7H_2O$)	70,3	66,8	5,6	9,2	95
Фон + $MgSO_4 \times 7H_2O$ 10 кг/га*	67,5	64,8	3,6	5,9	96
НСР₀₅	3,7	-	3,7	-	-

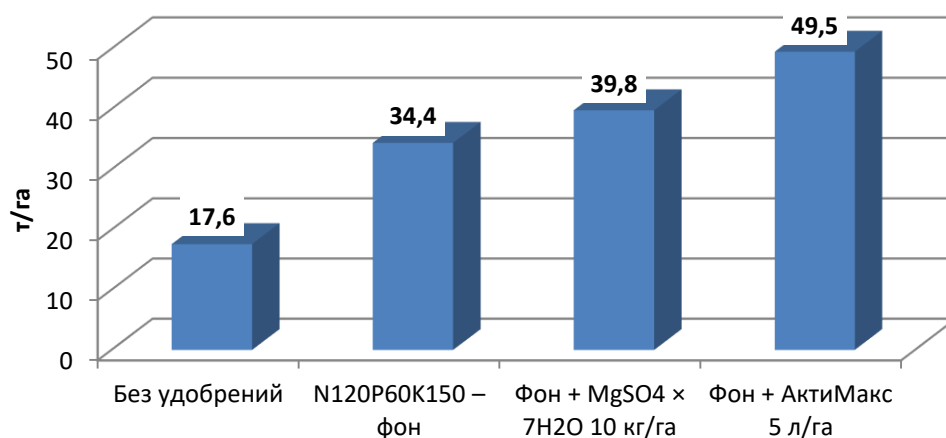
*Трёхкратные некорневые обработки

Минеральные удобрения значительно повышали урожайность капусты белокочанной поздней (табл. 10). Прибавка стандартной урожайности к контрольному варианту без внесения удобрений составила 20,9 т/га (52%). Эффективность показало дополнительное основное внесение по фону магниевых удобрений в дозе 60 кг/га Mg, как в форме АгроМаг гранулированный (8,1% прибавки к фону), так и магния сернокислого (9,2%). Использование АгроМаг марка MgO+S 58:10 в дозе 60 кг Mg/га дало прибавку к фону 7,1 т/га или 11,6%. В варианте совместного применения АгроМаг гранулированный и АгроМаг АктиМакс на фоне NPK прибавка урожая кочанов составила 6,7% с максимальной в опыте долей стандартной продукции (96%). Наибольшая общая (74,2 т/га) и стандартная (70,5 т/га) урожайность получена в варианте с трёхкратным опрыскиванием рабочим раствором АгроМаг АктиМакс (5

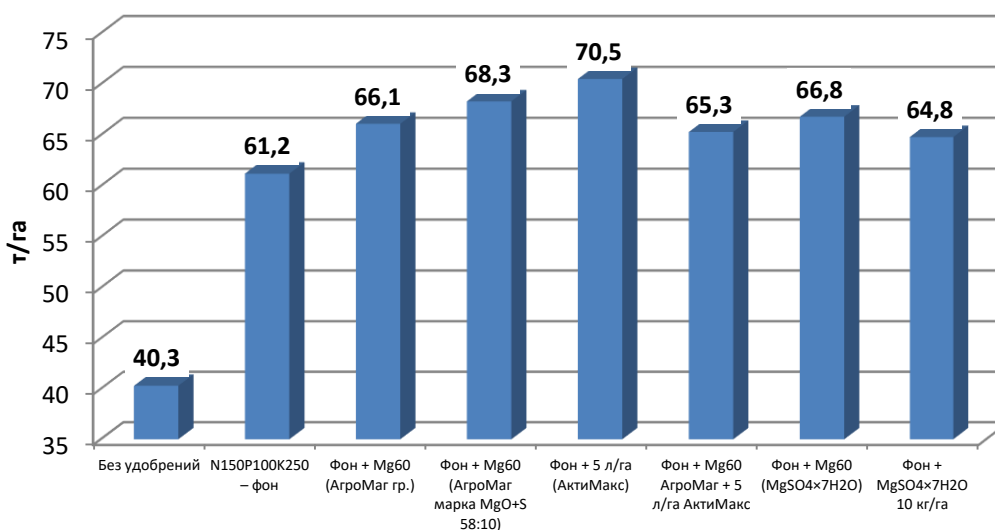
л/га) – прибавка к фону NPK – 15,2%. Достоверного отличия в урожайности с вариантом внесения АгроМаг марка MgO+S 58:10 не установлено (с учётом НСР). Выход стандартной продукции на вариантах опыта составил 95-96%, на контроле – 91%.



Капуста брокколи, Лорд F₁



Капуста пекинская, Ника F₁



Капуста белокочанная поздняя, Континент F₁

Рисунок 7. Урожайность стандартной продукции капустных культур в зависимости от магниевых удобрений

1.4. Действие магниевых удобрений на биохимическое качество овощных культур

Применение удобрений отразилось и на биохимических показателях качества продукции капустных культур (табл. 11).

В вариантах с внесением магниевых удобрений было отмечено несколько повышенное накопление сухого вещества в головках брокколи 9,3%, суммы сахаров до 1,86-1,92 %, а также существенно повысилось содержание витамина С - до 49,4-56,7 мг%.

Некорневая 3-х кратная подкормка растений брокколи водным раствором «АгроМаг АктиМакс» 5 л/га на фоне N₁₂₀P₆₀K₁₅₀ в силу активации ростовых процессов положительно сказалось на биохимических показателях качества - повышением содержания сухого вещества (9,3%), суммы сахаров (1,92%) и витамина С (56,7 мг%), и низким содержанием нитратов - до 97 мг/кг.

СанПиНом 2.3.2.1078-01 ПДК по нитратам у брокколи и пекинской капусты установлено 2000 мг/кг.

Применение внекорневой обработки АгроМаг АктиМакс (5 л/га) стимулировало накопление витамина С в продукции (на 1,2 мг% к фону NPK).

Таким образом, можно сделать вывод, что высокая обеспеченность магнием стимулирует у пекинской капусты и брокколи увеличение производительности и накопления витамина С, сахаров и других углеводов в растениях.

Кочаны капусты белокочанной поздней содержали 9,5-10,7% сухого вещества, 4,75-5,12% сахаров, 22,4-26,2 мг% витамина С и 250-438 мг/кг нитратов (табл. 11). Наибольшее содержание сухого вещества при минимальном количестве нитратов отмечено на контроле. Внесение АгроМаг гранулированный в дозе 60 кг/га Mg и АгроМаг марки MgO+S 58:10, повышало накопление сухого вещества (на 0,4-0,7%), моносахаров (до 0,1%), витамина С (до 0,7 мг%) и уменьшало содержание нитратов в продукции (на 32-43 мг/кг). Содержание нитратов на всех вариантах опыта не превышало ПДК (500 мг/кг). Применение трёхкратной внекорневой обработки АгроМаг АктиМакс (5 л/га) стимулировало накопление витамина С в продукции (на 1,1 мг% к фону NPK). Применение во внекорневую подкормку магния сернокислого семиводного (10 кг/га физ. веса) на фоне NPK в целом уступало (по сухому веществу – на уровне) по качественным характеристикам продукции, полученной в варианте с трёхкратной листовой подкормкой удобрением АгроМаг АктиМакс (5 л/га).

Таблица 11. Биохимический состав товарной продукции капустных культур (2021 г.)							
Вариант	Сухое вещество, %	Моносахара, %	Дисахара, %	Сумма сахаров, %	Дисахара к моно-	Вита-мин С, мг%	Нитраты, мг/кг
Капуста брокколи							
Без удобрений	9,0	1,52	0,01	1,53	0,01	35,2	99
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	9,1	1,84	0,01	1,85	0,01	45,3	103
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	9,3	1,79	0,07	1,86	0,04	49,4	118
Фон + Актимакс 5 л/га*	9,3	1,89	0,03	1,92	0,02	56,7	97
Капуста пекинская							
Без удобрений	6,2	2,27	0,10	2,37	0,04	12,2	123
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	7,7	2,87	0,43	3,30	0,15	19,3	93
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	7,8	2,87	0,46	3,33	0,16	20,3	104
Фон + Актимакс 5 л/га*	8,1	2,94	0,43	3,37	0,15	24,1	82
Капуста белокочанная поздняя							
Без удобрений	10,7	4,18	0,85	5,03	0,20	22,4	250
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	9,5	4,03	0,91	4,94	0,23	25,1	438
Фон + Mg ₆₀ (Агро-Маг гранул.)	9,9	4,12	0,79	4,91	0,19	25,8	395
Фон + Mg ₆₀ (Агро-Маг гранул. с серой)	10,2	4,05	0,81	4,86	0,20	25,7	406
Фон + 5 л/га (Агро-Маг Акти-макс)*	9,9	4,24	0,88	5,12	0,21	26,2	423
Фон + Mg ₆₀ Агро-Маг + 5 л/га Акти-макс*	10,1	4,28	0,77	5,05	0,18	24,5	384
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	9,7	4,02	0,73	4,75	0,18	23,3	422
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	10,0	4,13	0,85	4,98	0,21	22,9	414
*Трёхкратные некорневые обработки							

1.5. Потребление и вынос питательных веществ из почвы при использовании магниевых удобрений

Вынос питательных веществ (кг) на 10 т основной продукции с учётом соответствующего количества побочной для изучаемых капустных культур составляет: капуста брокколи N 110, P₂O₅ 38, K₂O 122; капуста пекинская – 50, 25 и 70 соответственно; капуста белокочанная поздняя – 27, 7 и 32 соответственно, т.е. данные культуры относятся к культурам высокого биологического выноса и требуют применения значительного количества удобрений (Державин Л.М. и др., 1991, Круг Г., 2000, Лысенко И.А., 2015).

По данным Круг Г. (2000), потребление магния на 10 т урожая составляет: капуста брокколи 20 кг MgO, капуста пекинская 10 кг MgO, капуста белокочанная поздняя 7 кг MgO.

Изучение химического состава растений (табл. 12-14) показало, что к моменту уборки головки капусты брокколи накопили 5,01-5,29% азота, 1,36-1,50% фосфора, 5,29-5,74% калия, 0,28-0,37% кальция и 0,17-0,23% магния. Кочерыжки отличались меньшим содержанием азота, фосфора и калия и большим – кальция (3,66-4,01%) и магния (1,11-1,35%). Кочаны капусты пекинской содержали к уборке 4,88-5,12% азота, 1,21-1,38% фосфора, 5,06-5,36% калия, 0,35-0,42% кальция и 0,23-0,29% магния. Кочерыжки так же, как у брокколи, содержали больше кальция и магния, нежели кочаны. Кочаны капусты белокочанной поздней (табл. 15) аккумулировали 2,42-3,01% азота, 0,84-1,11% фосфора, 3,44-4,32% калия, 0,70-0,78% кальция и 0,22-0,35% магния. В кочерыжке отмечалось большее содержание CaO (4,81-5,33%) и MgO (1,05-1,46%).

Применение магниевых удобрений преимущественно повышало накопление элементов питания в продукции овощных культур.

Таблица 12. Химический состав растений капусты брокколи (2021 г.)						
Вариант	Сухое вещество, %	% в сухом веществе				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Головка (основная продукция)						
Без удобрений	9,0	5,01	1,36	5,29	0,28	0,17
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	9,1	5,23	1,48	5,53	0,37	0,21
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	9,3	5,29	1,45	5,65	0,35	0,22
Фон + АктиМакс 5 л/га*	9,3	5,18	1,50	5,74	0,35	0,23
Кочерыжка (побочная продукция)						
Без удобрений	20,9	3,38	0,95	3,77	3,66	1,11
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	21,1	3,51	0,99	3,86	4,01	1,19
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	21,4	3,56	1,00	3,80	3,93	1,32
Фон + АктиМакс 5 л/га*	21,2	3,49	1,05	3,89	3,95	1,35

*Трёхкратные некорневые обработки

Таблица 13. Химический состав растений капусты пекинской (2021 г.)						
Вариант	Сухое вещество, %	% в сухом веществе				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Кочан (основная продукция)						
Без удобрений	6,2	4,88	1,21	5,06	0,35	0,23
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	7,7	5,11	1,31	5,36	0,38	0,27
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	7,8	5,03	1,35	5,30	0,40	0,29
Фон + АктиМакс 5 л/га*	8,1	5,12	1,38	5,33	0,42	0,29
Кочерыга (побочная продукция)						
Без удобрений	15,7	3,06	0,89	3,92	3,98	1,01
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	16,5	3,52	0,97	4,15	4,12	1,12
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	16,1	3,57	1,00	4,22	4,08	1,11
Фон + АктиМакс 5 л/га*	16,6	3,63	1,03	4,26	4,12	1,09

*Трёхкратные некорневые обработки

Таблица 14. Химический состав растений капусты белокочанной поздней (2021 г.)						
Вариант	Сухое вещество, %	% в сухом веществе				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Кочан (основная продукция)						
Без удобрений	10,7	2,42	0,84	3,44	0,70	0,22
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	9,5	2,75	1,01	4,32	0,73	0,31
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	9,9	2,78	0,99	4,20	0,78	0,35
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг марка MgO+S 58:10)	10,2	3,01	1,11	4,34	0,73	0,34
Фон + 5 л/га (АгроМаг АктиМакс)*	9,9	2,87	1,04	4,31	0,75	0,29
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га АктиМакс*	10,1	2,75	1,08	4,27	0,75	0,31
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	9,7	2,86	1,03	4,15	0,73	0,34
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	10,0	2,91	1,06	4,29	0,76	0,35
Кочерыга (побочная продукция)						
Без удобрений	19,5	1,32	0,56	1,93	4,81	1,05
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	18,3	1,85	0,78	2,14	5,24	1,19
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	19,1	1,93	0,81	2,21	5,26	1,36
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул. с серой)	19,4	2,02	0,85	2,17	5,33	1,43
Фон + 5 л/га (АгроМаг Актимакс)*	19,0	1,9	0,73	2,11	4,93	1,23
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га Актимакс*	19,7	1,83	0,83	2,07	5,07	1,39
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	18,9	1,87	0,79	2,03	5,15	1,46
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	19,3	1,96	0,81	2,09	5,08	1,14

*Трёхкратные некорневые обработки

Потребление питательных веществ на создание единицы урожая основной продукции (с учётом побочной) для культуры капусты брокколи находилось в пределах 91-97 кг/10 т азота, 25-27 кг фосфора, 99-103 кг калия, 53-57 кг кальция и 16-19 кг/10 т магния; капусты пекинской – 56-66 кг/10 т N, 15-18 кг P₂O₅, 65-72 кг K₂O, 31-36 кг CaO и 9-10 кг/10 т MgO; капусты белокочанной поздней – 35-43 кг/10 т N, 13-16 кг P₂O₅, 50-57 кг K₂O, 39-42 кг CaO и 9-12 кг/10 т MgO (табл. 15).

Таблица 15. Потребление (кг) питательных веществ на создание 10 т урожая основной продукции с учётом побочной (2021 г.)					
Вариант	Потребление питательных веществ, кг/10 т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Капуста брокколи					
Без удобрений	91,7	25,3	99,6	53,0	16,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	95,0	26,8	102,4	57,5	18,0
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	97,2	27,0	103,8	56,2	19,8
Фон + АктиМакс 5 л/га*	93,3	27,5	103,7	54,3	19,6
Капуста пекинская					
Без удобрений	56,7	15,2	65,2	36,5	10,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	66,1	17,4	72,8	34,2	10,6
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	63,9	17,5	70,6	31,4	9,9
Фон + АктиМакс 5 л/га*	66,2	18,2	72,2	31,4	9,8
Капуста белокочанная поздняя					
Без удобрений	35,4	13,0	50,7	42,2	9,9
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	37,3	14,3	54,0	38,6	10,1
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	40,1	15,1	55,9	41,9	12,3
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг марка MgO+S 58:10)	43,2	16,6	57,7	40,5	12,3
Фон + 5 л/га (АгроМаг АктиМакс)*	40,7	15,0	56,3	39,3	10,8
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га АктиМакс*	39,7	16,3	56,6	40,5	12,2
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	39,8	15,1	53,3	40,2	12,7
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	42,3	16,1	57,0	41,9	11,2
*Трёхкратные некорневые обработки					

С учётом полученной урожайности, общий вынос магния (MgO) достигал 34-57 кг/га у капусты брокколи, 25-51 кг/га у капусты пекинской и 44-89 кг/га у капусты белокочанной поздней (табл. 16). Таким образом, при систематическом возделывании данных овощных культур необходима компенсация выноса магния из почвы путём внесения магнийсодержащих удобрений.

Таблица 16. Вынос питательных веществ (кг/га) капустными культурами (2021 г.)					
Вариант	Вынос питательных веществ, кг/га				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Капуста брокколи					
Без удобрений	188,0	52,0	204,2	108,7	34,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	243,2	68,7	262,3	147,2	46,0
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	265,3	73,6	283,3	153,5	54,2
Фон + АктиМакс 5 л/га*	271,5	80,1	301,7	158,1	57,0
Капуста пекинская					
Без удобрений	142,8	38,3	164,4	92,1	25,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	269,5	71,2	296,9	139,5	43,2
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	283,3	77,3	312,6	139,0	44,1
Фон + АктиМакс 5 л/га*	347,4	95,5	378,9	165,1	51,3
Капуста белокочанная поздняя					
Без удобрений	156,9	57,7	224,7	186,9	44,0
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	240,2	92,1	347,5	248,5	65,2
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	278,8	104,8	389,3	291,5	85,6
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг марка MgO+S 58:10)	307,5	118,0	410,5	288,2	87,8
Фон + 5 л/га (АгроМаг АктиМакс)*	301,9	111,4	417,7	291,4	80,3
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га АктиМакс*	269,8	110,9	384,8	275,6	82,7
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	279,5	105,9	374,7	282,4	89,1
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	285,8	108,5	384,9	282,9	75,6
*Трёхкратные некорневые обработки					

1.6. Экономическая эффективность применения магниевых удобрений при выращивании овощных культур

В табл. 17 приведён ориентировочный расчёт экономической эффективности применения удобрений при выращивании овощных культур согласно «Типовым технологическим картам возделывания и уборки овощных культур в Московской области» (1986) и данным экономической статистики ОПХ «Быково» (2006).

Стоимость продукции (стандарт) определена для капусты брокколи 110 тыс. руб./т, капусты пекинской – 75 тыс. руб./т, капусты белокочанной поздней – 12 тыс. руб./т. Стоимость применяемых удобрений: аммиачная селитра (34% N) – 40 руб./кг, двойной суперфосфат (42% P₂O₅) – 50 руб./кг, хлористый калий (60% K₂O) – 48 руб./кг, АгроМаг гранулированный (37% Mg) – 14,5 руб./кг, магний сернокислый (9,8% Mg) – 19,6 руб./кг, АгроМаг АктиМакс (21% Mg) – **30 руб./кг.**

Таблица 17 – Экономическая эффективность применения магниевых удобрений под капустные культуры (2021 г., ориентировочный расчёт)

Вариант	Урожайность стандартной продукции, т/га	Стоимость продукции, тыс. руб./га	Затраты на выращивание, тыс. руб./га	Затраты на уборку и реализацию, тыс. руб./га	Всего затрат, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Чистый доход тыс. руб./га	Рентабельность, %
Капуста брокколи								
Без удобрений	19,3	2123,0	1050,0	550,0	1600,0	82,9	523,0	32,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	24,7	2717,0	1083,3	703,9	1787,2	72,3	929,9	52,0
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	26,6	2926,0	1095,3	758,0	1853,3	69,6	1072,7	57,9
Фон + АктиМакс 5 л/га*	28,8	3168,0	1083,7	820,7	1904,4	66,1	1263,6	66,3
Капуста пекинская								
Без удобрений	17,6	1320,0	1050,0	420,0	1470,0	83,5	-	-
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	34,4	2580,0	1083,3	820,9	1904,2	55,4	675,8	35,5
Фон + MgSO ₄ × 7H ₂ O 10 кг/га*	39,8	2985,0	1095,3	949,8	2045,0	51,4	940,0	46,0
Фон + АктиМакс 5 л/га*	49,5	3712,5	1083,7	1181,3	2265,0	45,8	1447,5	63,9
Капуста белокочанная поздняя								
Без удобрений	40,3	483,6	247,4	96,7	344,1	8,54	139,5	40,6
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	61,2	734,4	308,2	146,9	455,1	7,44	279,3	61,4
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	66,1	793,2	311,0	158,6	469,7	7,11	323,5	68,9
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг марка MgO+S 58:10)	68,3	819,6	311,0	163,9	474,9	6,95	344,7	72,6
Фон + 5 л/га (АгроМаг АктиМакс)*	70,5	846,0	308,7	169,2	477,9	6,78	368,1	77,0
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га АктиМакс*	65,3	783,6	316,2	156,7	472,9	7,24	310,7	65,7
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	66,8	801,6	312,0	160,3	472,3	7,07	329,3	69,7
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	64,8	777,6	308,7	155,5	464,2	7,16	313,4	67,5
*Трёхкратные внекорневые обработки								

При выращивании рассадным способом капусты брокколи на аллювиальной луговой почве наиболее эффективно применение дозы N₁₅₀P₆₀K₂₁₀ в основное внесение и последующая трёхкратная некорневая обработка вегетирующих растений рабочим раствором Агро Маг АктиМакс (5 л/га): чистый доход 1263 тыс. руб./га, рентабельность 66,3% при минимальной себестоимости продукции 66,1 тыс. руб./т. Для капусты пекинской так же экономически эффективен АгроМаг АктиМакс (5 л/га

трёхкратно): чистый доход 1447 тыс. руб./га, рентабельность 63,9%, при себестоимости продукции 45,8 тыс. руб./т. На культуре капусты белокочанной поздней наиболее эффективным являлся вариант с обработкой растений АгроМаг АктиМакс (5 л/га, трёхкратно) на фоне дозы $N_{150}P_{100}K_{250}$: чистый доход 368 тыс. руб./га с максимальной рентабельностью 77% и минимальной себестоимостью продукции 6,77 тыс. руб./т. Вторым по эффективности являлся вариант с применением Агро Маг марка MgO+S 58:10 на фоне NPK, чистый доход 344 тыс. руб./га, рентабельность 72,6%.

1.7. Сохранность капусты белокочанной поздней при осенне-зимне-весеннем хранении

Образцы стандартной продукции капусты белокочанной поздней после уборки (октябрь) были заложены на длительное (6 месяцев) хранение в овощехранилище с принудительным охлаждением. Хранение в течение 6 месяцев (октябрь-апрель) осуществлялось в овощехранилище в условиях искусственного охлаждения при рекомендуемой температуре (-1...0⁰C) и влажности воздуха (92-98%) согласно ГОСТ 28373-94.

Результаты учёта потерь при хранении приведены в табл. 18. Выход товарной продукции после 6 месяцев хранения составил в вариантах с применением магниевых удобрений 73,7-78,9%, на фоне NPK – 75,4, на контроле (без внесения удобрений) – 60,1%. Применение магниевых удобрений в основное внесение (АгроМаг гранулированный, АгроМаг марка MgO+S 58:10, магний сернокислый семиводный) или некорневое опрыскивание в вегетацию (магний сернокислый, АгроМаг АктиМакс) имело тенденцию к снижению потери от болезни серая гниль в период хранения кочанов. Достоверного отличия (с учётом НСР₀₅) между вариантами опыта с магниевыми удобрениями не выявлено. Лучшим вариантом по сохраняемости кочанов являлось трёхкратное опрыскивание растений в вегетацию Агро Маг АктиМаксом (5 л/га).

Таблица 18. Сохраняемость (% к исходной массе продукции) капусты белокочанной поздней при осенне-зимне-весеннем хранении (6 месяцев), 2021-22 гг.

Вариант	Выход товарной продукции	Потери				
		всего	убыль массы	от болезней	в том числе	
					серая гниль	сосудистый бактериоз
Без удобрений	60,1	39,9	16,8	23,1	21,6	1,5
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₅₀ – фон	75,4	24,6	16,5	8,1	8,1	0
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул.)	76,2	23,8	16,1	7,7	6,4	1,3
Фон + Mg ₆₀ (АгроМаг гранул. с серой)	78,2	21,8	16,9	4,9	4,9	0
Фон + 5 л/га (АгроМаг Актимакс)*	78,9	21,1	15,8	5,3	5,3	0
Фон + Mg ₆₀ АгроМаг + 5 л/га Актимакс*	75,1	24,9	16,2	8,7	7,8	0,9
Фон + Mg ₆₀ (MgSO ₄ ×7H ₂ O)	73,6	26,3	17,1	9,3	7,9	1,4
Фон + MgSO ₄ ×7H ₂ O 10 кг/га*	73,9	26,1	16,9	9,2	9,2	0
НСР ₀₅	4,5	-	-	-	-	-

Снижение выхода товарной продукции происходило за счет убыли массы и нарастания потерь от болезней, в основном от серой гнили. Наибольшие потери от данной болезни отмечены при выращивании капусты белокочанной на фоне без удобрений – 60,1 %. Наименьшая убыль массы была отмечена при трёхкратном опрыскивании растений в вегетацию АгроМаг АктиМаксом (5 л/га) (15,8). Естественное снижение массы кочанов капусты при хранении происходило в результате испарения воды и потери растворимых сухих веществ в процессе дыхания.

IV. ВЫВОДЫ

1. Применение магниевых удобрений в основное внесение (АгроМаг гранулированный, АгроМаг марка MgO+S 58:10, магний сернокислый) в дозе 60 кг/га Mg, а также внекорневая обработка растений капусты брокколи, пекинской и белокочанной поздней АгроМаг АктиМакс в дозе 5 л/га и магний сернокислый (10 кг/га) даёт тенденцию увеличения обменного магния в почве, не оказывает отрицательного воздействия на реакцию почвенной среды и содержание доступных питательных веществ в почве.
2. Внесение всех изучаемых видов и форм удобрений на фоне основной дозы минеральных удобрений повышают среднюю массу растения и массу кочана/головки капустных культур. Наибольшая средняя масса головки капусты брокколи (831 г), пекинской (1530 г) и белокочанной поздней (2180 г) получена при трёхкратной внекорневой обработке растения АгроМаг АктиМакс в дозе 5 л/га, а для белокочанной также при основном внесении АгроМаг марки MgO+S 58:10 (60 кг/га Mg) (2270 г).
3. Применение АгроМаг гранулированный, АгроМаг АктиМакс и магний сернокислый положительно действуют на урожайность капустных культур. Максимальная урожайность капусты брокколи (29,1 т/га), пекинской (52,5 т/га) и белокочанной поздней (74,2 т/га) получена при трёхкратном некорневом применении Агро Маг АктиМакс в дозе 5 л/га с наибольшим выходом стандартной продукции. Применение АгроМаг гранулированный марка MgO+S 58:10 в основное внесение в дозе 60 кг/га Mg обеспечило получение 71,1 т/га кочанов с высокой стандартностью – более 95%. Внесение магния сернокислого (60 кг/га Mg) и АгроМаг гранулированный в эквивалентной дозе было равнозначно. Внекорневая обработка сернокислым магнием (10 кг/га физ. веса) уступала в эффективности АгроМаг АктиМакс на всех капустных культурах.
4. Применение удобрений АгроМаг гранулированный, магний сернокислый и АгроМаг АктиМакс при выращивании капустных культур не оказывает отрицательного действия на биохимические показатели качества продукции капусты брокколи, пекинской и белокочанной. Превышение ПДК нитратов в продукции не выявлено. Для всех культур отмечается тенденция повышения сухого вещества в кочанах/головках от магниевых удобрений.
5. Потребление магния на формирование единицы урожая основной продукции (с учётом побочной) составило для капусты брокколи 16-19 кг/10 т, для пекинской 9-10 кг/10 т, для белокочанной поздней 9-12 кг/10 т. Общий вынос магния (MgO) с урожаем достигал 34-57 кг/га для брокколи, 25-51 кг/га для пекинской и 44-89 кг/га для белокочанной поздней. Применение магниевых удобрений преимущественно увеличивало вынос магния из почвы.

6. При выращивании капусты брокколи, пекинской и белокочанной поздней на аллювиальной луговой почве наиболее эффективно основное внесение $N_{120}P_{60}K_{150}$ (или $N_{150}P_{100}K_{250}$ для белокочанной поздней) и последующая трёхкратная обработка магниевой суспензией АгроМаг АктиМакс (5 л/га) – чистый доход 1263 тыс. руб./га, рентабельность 66% для брокколи; 1447 тыс. руб./га и 63% для пекинской и 368 тыс. руб./га и 77% для белокочанной поздней.
7. После 6-месячного хранения продукции капусты белокочанной поздней выход товарной продукции составил на вариантах с применением магниевых удобрений 73,7-78,9% против 60,1% на фоне без удобрений. Магниевые удобрения в вегетацию капусты способствовали сокращению потерь от серой гнили в среднем до 7,5% против 8,1% на фоне NPK. Тенденция к лучшей сохраняемости наблюдалась у кочанов, выращенных с применением внекорневых обработок. АгроМаг АктиМакс и магний сернокислый.

Литература

1. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: РАСХН-ВНИИО, 2011, 648 с.
2. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. М.: ФГБНУ Росинформгротех, 2016, 392 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985, 351 с.
4. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975, 656 с.
5. Гунар Л.Э. Биохимия растительного сырья. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011, 106 с.
6. Державин Л.М., Попова Р.Н., Дегтярова Н.И. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. М.: МСХА, 1991, 66 с.
7. Круг Г. Овощеводство (пер. с нем. В.И. Леунов). М.: Колос, 2000, 576 с.
8. Мазаева М.М. Магниевое питание растений и магниевые удобрения. Автореферат диссертации на соискание уч. ст. доктора с.-х. наук. М., 1967, 41 с.