

Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 4 (52). С. 3–13
Vestnik Kurganskoy GSNA. 2024; (4-52): 3–13

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.4
Код ВАК 4.1.3

EDN: ABYUFC

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ КИСЛОТНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СРЕДНЕСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

Антон Викторович Лаврищев^{1✉}, Татьяна Александровна Лаврищева²,
Анастасия Ильинична Клятышева³

^{1, 2, 3} Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург,
Пушкин, Россия

¹ av.lavrishchev@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-3086-2608>

² ta.lavrishcheva@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0432-9295>

³ aklyatysheva@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6242-8323>

Аннотация. Цель исследований – изучение эффективности комплексного удобрения АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) при разном уровне кислотности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. Исследования проводили в лабораторно-вегетационном эксперименте, заложенном в контролируемых условиях освещенности, температуры и влажности. Исследования показали, что внесение АРАВИВА привело к снижению $pH_{КС}$ с 5,41 до 4,85 ед, что, по-видимому, связано со значительным выносом кальция урожаем выращиваемых культур. Использование известковых материалов способствовало нейтрализации почвенной кислотности. Внесение АРАВИВА 15:15:15(10) привело к достоверному увеличению урожайности рапса 1-й ротации (в 3,69 раза) по сравнению с контрольным вариантом. В вариантах с внесением химических мелиорантов урожайность рапса также была достоверно выше и превышала урожайность растений контрольного варианта в 3,49–3,83 раза. К третьему сроку исследований урожайность ярового рапса снизилась в контрольном варианте на 33,67 %, в варианте с использованием комплексного удобрения – на 26,50–27,62 %. Урожайность гороха второй ротации варьировалась по вариантам опыта от 12,33 до 14,43 г/сосуд (воздушно-сухой массы растений) с максимальными значениями в вариантах с известкованием. Растения гороха четвертой ротации обладали значительно меньшей урожайностью (3,22 до 7,48 г/сосуд) с минимальной урожайностью растений варианта с применением АРАВИВА. Удобрения и мелиоранты оказали положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Формирование высоких урожаев рапса и гороха в вариантах с использованием удобрений и мелиорантов способствовало повышенному выносу кальция из почвы. В вариантах с использованием химических мелиорантов эти потери были компенсированы. Использование комплексного удобрения в чистом виде привело к снижению урожайности растений на поздних этапах проведения эксперимента.

Ключевые слова: минеральные удобрения, известкование, почвенная кислотность, фитотрон, рапс, горох, конверсионный мел, доломитовая мука.

Благодарности: работа финансировалась за счёт средств бюджета Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Для цитирования: Лаврищев А.В., Лаврищева Т.А., Клятышева А.И. Эффективность комплексного удобрения АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) при разном уровне кислотности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 4(52). С. 3–13. EDN: ABYUFC.

Scientific article

THE EFFECTIVENESS OF THE COMPLEX FERTILIZER АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) AT DIFFERENT LEVELS OF ACIDITY OF SOD-PODZOLIC MEDIUM LOAMY SOIL

Anton V. Lavrishchev^{1✉}, Tatyana A. Lavrishcheva², Anastasiia I. Kliatysheva³

^{1, 2, 3} Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Pushkin, Russia

¹ av.lavrishchev@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-3086-2608>

² ta.lavrishcheva@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0432-9295>

³ aklyatysheva@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6242-8323>

Abstract. The purpose of the research is to study the effectiveness of the complex fertilizer APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) at different levels of acidity of sod-podzolic medium loamy soil. The research was carried out in a laboratory-vegetation experiment under controlled conditions of illumination, temperature and humidity. The studies have shown that the introduction of APAVIVA led to a decrease in pH_{KCl} from 5.41 to 4.85 units, which, apparently, is associated with a significant removal of calcium by the cultivated crops. The application of liming materials contributed to soil acidity neutralization. The introduction of APAVIVA 15:15:15(10) led to a significant increase in the yield of rapeseed of the 1st rotation (by a factor 3.69 times) compared with the control variant. In the variants with the introduction of chemical meliorants, the yield of rapeseed was also significantly higher and exceeded the yield of plants of the control variant by a factor 3.49-3.83 times. By the third period of research, the yield of spring rapeseed had decreased in the control variant by 33.67%, in the variant using a complex fertilizer – by 26.50–27.62%. The yield of peas of the second rotation varied according to the experimental variants from 12.33 to 14.43 g/vessel (air-dry weight of plants) with the maximum values in the liming variants. The pea plants of the fourth rotation had significantly lower yields (3.22 to 7.48 g/vessel) with a minimum plant yield with the APAVIVA application variant. The fertilizers and meliorants had a positive effect on the crop yields. The formation of high yields of rapeseed and peas in the variants using fertilizers and meliorants contributed to increased removal of calcium from the soil. In the variants using chemical meliorants, these losses were compensated. The use of a complex fertilizer in its pure form led to a decrease in plant yields at the later stages of the experiment.

Keywords: mineral fertilizers, liming, soil acidity, phytotron, rapeseed, peas, conversion chalk, dolomite flour.

Acknowledgements: the work was funded from the budget of the St. Petersburg State Agrarian University. No additional grants have been received to conduct or quote this particular study.

For citation: Lavrishchev A.V., Lavrishcheva T.A., Kliatysheva A.I. The effectiveness of the complex fertilizer APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) at different levels of acidity of sod-podzolic medium loamy soil // Vestnik Kurganskoj GSHA. 2024; (4-52): 3–13. EDN: ABYUFC. (In Russ).

Введение. Почвенный покров Северо-Запада РФ представлен дерново-подзолистыми почвами, обладающими кислой реакцией среды. Известкование является важнейшим мелиоративным приёмом, направленным на устранение почвенной кислотности и оптимизацию почвенных условий для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [1].

Использование минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве – один из основных способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур и сохранения плодородия почв в условиях сильной агрогенной нагрузки [2–4]. Эффективность минеральных удобрений увеличивается при их совместном использовании с приёмами химической мелиорации [5–7].

Широкий спектр минеральных удобрений и ме-

лиорантов, выпускаемых в настоящее время туковой промышленностью, предполагает проведение опытов, направленных на комплексное изучение их воздействия на почвы и растения. При этом особое значение имеют лабораторно-вегетационные эксперименты в контролируемых условиях освещённости, температуры и влагообеспеченности фитотронов [8; 9].

Цель исследований – изучение эффективности комплексного удобрения APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) при разном уровне кислотности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.

В задачи исследований входило:

– изучить изменение почвенной кислотности при внесении минерального удобрения и мелиорантов в процессе выращивания сельскохозяйственных культур;

– выявить влияние комплексного удобрения APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) на урожайность рас-



Рисунок 1 – Внешний вид лабораторно-вегетационного опыта

тений различных биологических семейств при разном уровне почвенной кислотности.

Материалы и методы. Объектом исследования служила дерново-подзолистая среднесуглинистая почва со следующими физико-химическими характеристиками: гумус – 1,76 %; pH_{KCl} – 5,4; Hg – 4,46 ммоль(экв)/100 г;

Исследование проводили в фитолaborатории ФосАгро ФГБОУ ВО «СПбГАУ» (рисунок 1).

В фитолaborатории поддерживали оптимальную температуру, влажность и освещение. В опыте использовали лампы UnionPowerStar-40W-T, длина волны диодов: синий (450 нм), красный (660 нм). «Световой» день – 15 часов (с 7-00 до 22-00). Влажность почвы в процессе выращивания растений поддерживали на уровне 60 % ППВ [10]. Полив проводили дистиллированной водой.

Схема опыта: 1) Контроль (без удобрений); 2) АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) – 0,2 г д.в. на 1 кг массы почвы (Фон); 3) Фон + Конверсионный мел (KM) по 1Hg; 4) Фон + Доломитовая мука (DM) по 1Hg.

В качестве фона в почву вносили комплексное минеральное удобрение АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) производства ПАО «ФосАгро». Азот в удобрении представлен в форме NH_4 , 90 % фосфатов составляют водорастворимые формы. Содержит в своём составе 10 % серы и 0,3–1 % MgO. pH 6,0–7,2, по гранулометрическому составу гранулы 1–6 мм ($\geq 97\%$). Изучение мелиоративного эффекта при использовании материалов различной химической природы совместно с АРАВИВА приведено в работе [11].

Комплексное удобрение АРАВИВА (NPK(S) 15:15:15 (10)) вносили в почву перед посевом каждой культуры, выращиваемой в опыте.

В качестве химических мелиорантов в опыте использовали конверсионный мел (KM) и доломитовую муку (DM). KM представляет собой побочный продукт производства азотных удобрений, получается в результате азотнокислого разложения апатитового концентрата. Мел характеризуется тонкодисперсным гранулометрическим составом (основная масса гранул – 99,8 %, представлена частицами размером $< 0,25$ мм), имеет мелкокристаллическую структуру и низкое содержание

влаги (1–1,2 %). За счёт кристаллической структуры мел обладает отличными физическими свойствами: он не слеживается, сохраняет сыпучесть при хранении в неблагоприятных условиях и легко вносится в почву имеющейся в хозяйствах техникой.

Химический состав KM представлен в таблице 1. Мел обладает высокой нейтрализующей способностью (90 % в пересчёте на $CaCO_3$) и содержит в своём составе азот и фосфор. Концентрация Ni, Cu и Zn невелика и не представляет угрозы для загрязнения растений. Среди потенциально токсичных для растений элементов в его составе присутствует фтор и стронций. Причём фтор в меле представлен плохо растворимым в воде соединением CaF_2 .

Стронций содержится в меле в виде карбоната ($SrCO_3$), который переходит в растворимую форму при попадании в кислую почву [12; 13]. Экологические аспекты использования конверсионного мела при мелиорации кислых почв представлены в работах [14; 15].

Сыромолотая доломитовая мука (DM) произведена из доломита (месторождение Борницы Гатчинского района Ленинградской области). Содержит в своём составе углекислые соли кальция и магния ($CaCO_3 + MgCO_3$). Нейтрализующая способность отсева 84,5 % ($CaCO_3$ – 46,1 % + $MgCO_3$ – 38,4 %). Химический состав сыромолотого доломита представлен в таблице 1.

Химические мелиоранты конверсионный мел и доломитовую муку вносили в почву один раз во время закладки опыта и затем изучали в последствии.

Опыт был заложен 5 мая 2023 года. Масса почвы в сосудах 5 кг. Повторность 3-кратная.

В опыте последовательно выращивали рапс яровой, горох, рапс яровой, горох. Выбранные растения относятся к важнейшим в сельскохозяйственном отношении биологическим семействам (капустные и бобовые), представители которых широко используются в сельскохозяйственном производстве. Закономерности, выявленные на изучаемых растениях, могут быть перенесены и на других представителей данных семейств

Рапс яровой (*Brassica napus var. napus L.*) представлен сортом Лексус. Включён в государ-

Таблица 1 – Химический состав мелиорантов, %

$CaCO_3$	$MgCO_3$	P	N	Ni	Cu	Zn	F	Sr
Конверсионный мел								
90	–	0,9	1,5	0,00070	0,00070	0,00160	0,3	1,5
Доломитовая мука								
46,3	38,4	–	–	0,00062	0,000146	0,00085	–	–

Таблица 2 – Календарный график проведения опыта

Дата	Наблюдения
1-я ротация	
05.05.2023	Набивка сосудов, внесение удобрений и мелиорантов, пролив
06.05.2023	Посев ярового рапса
07.07.2023	Уборка
2-я ротация	
04.09.2023	Внесение минеральных удобрений
08.09.2023	Посев гороха
17.11.2023	Уборка
3-я ротация	
11.12.2023	Внесение минеральных удобрений
13.02.2024	Посев ярового рапса
04.04.2024	Уборка
4-я ротация	
15.04.2024	Внесение минеральных удобрений
17.04.2024	Посев гороха
05.06.2024	Уборка

ственный реестр в 2018 году. Регионы доступа: Центральный, Средневолжский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, ЦЧО.

Рапс отзывчив на известкование и характеризуется высоким уровнем потребления элементов питания, в том числе и серы. Посевы ярового рапса в Ленинградской области неуклонно растут. С 2017 по 2022 год они возросли в 4,2 раза (с 1,3 до 5,5 тыс. гектаров). Рапс в Северо-Западном регионе выращивают на корм скоту. Получающийся при отжиме семян жмых – богатая протеином кормовая добавка, которая повышает количество белка в молоке, увеличивает надой и ускоряет набор веса мясных животных.

Горох (*Pisum sativum* L.) представлен сортом Фараон. Включён в государственный реестр в 2008 году. Регионы доступа Средневолжский, Центральный, ЦЧО, Северо-Кавказский, Нижневолжский, Уральский.

Результаты изучения влияния комплексных микроудобрений на продуктивность и качество гороха сорта Фараон представлены в работе [16].

Повторное чередование культур в опыте позволило не только изучить влияние известкования на культуры из различных биологических семейств, но и установить последствие мелиоративного приёма.

Календарный график проведения опыта приведён в таблице 2. Общая продолжительность эксперимента составила 397 дней.

После появления всходов в сосудах оставляли по 9 растений рапса и 9 растений гороха. Растения рапса убирали в фазу цветения, горох – в фазу созревания.

После уборки растений из почвенных сосудов отбирали почвенные образцы на анализ.

Статистическую обработку проводили по методу дисперсионного анализа однофакторного опыта с использованием прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты изучения динамики почвенной кислотности в период проведения эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика почвенной кислотности в период проведения эксперимента, рН_{KCl}

Вариант	1 срок (рапс)	2 срок (горох)	3 срок (рапс)
1. Контроль (б/у)	5,53	5,55	5,58
2. АРАВИВА 15:15:15(10) - фон	5,41	5,00	4,85
3. Фон + КМ по 1Нг	5,82	5,77	5,42
4. Фот + ДМ по 1Нг	5,70	5,54	5,45

Таблица 4 – Урожайность ярового рапса первой и третьей ротации, г/сосуд

Вариант	Рапс 1-я ротация		Рапс 3-я ротация	
	зелёная масса	воздушно-сухая масса	зелёная масса	воздушно-сухая масса
1. Контроль (без удобрений)	58,35	10,93	34,77	7,25
2. АРАВИВА 15:15:15(10) - фон	162,02	40,43	216,35	28,57
3. Фон + КМ по 1Нг	160,49	41,96	226,03	30,37
4. Фон + ДМ по 1Нг	146,97	38,23	227,50	28,10
НСР05	19,84	12,83	33,00	6,04

Как видно из представленных данных, величина обменной кислотности в контрольном варианте за весь период эксперимента не претерпела изменений и оставалась на уровне слабокислых почв.

В варианте с внесением комплексного минерального удобрения АРАВИВА 15:15:15(10) произошло подкисление почвы. Уже после уборки первого урожая рапса, величина рН солевой вытяжки снизилась до 5,41 ед., оставаясь на уровне значений, характерных для слабокислых почв. После уборки растений гороха величина рН_{КС} снизилась с 5,41 до 5,00 ед., перейдя на уровень среднекислых значений. После уборки третьего урожая величина рН солевой вытяжки снизилась до 4,85 ед. Значительное подкисление почв в варианте с внесением комплексного удобрений АРАВИВА, по-видимому, связано со значительным выносом кальция урожаем выращиваемых культур.

В вариантах с известкованием почв конверсионным мелом и доломитовой мукой произошла

некоторая нейтрализация почвенной кислотности. После уборки первого урожая рапса величина рН солевой вытяжки возросла до 5,82 и 5,70 ед. соответственно. Уровень почвенной кислотности перешёл на уровень, близкий к нейтральному. После уборки второго урожая (гороха) величина рН_{КС} снизилась до 5,77 и 5,54 соответственно. Почвы остались в той же группе кислотности. Уборка третьего урожая привела к возрастанию обменной кислотности. Значения рН_{КС} снизились до 5,42 и 5,45 ед. соответственно. Почвы перешли в категорию слабокислых почв.

Результаты изучения влияния удобрения АРАВИВА 15:15:15(10) и мелиорантов на урожайность сельскохозяйственных культур приведены в таблицах 4 и 5.

Для сравнительного изучения влияния удобрения и мелиорантов на культуру одного биологического вида на разных сроках проведения эксперимента, данные в таблицах сгруппированы отдельно для рапса и для гороха.

Как видно из таблицы 5, внесение удобрения

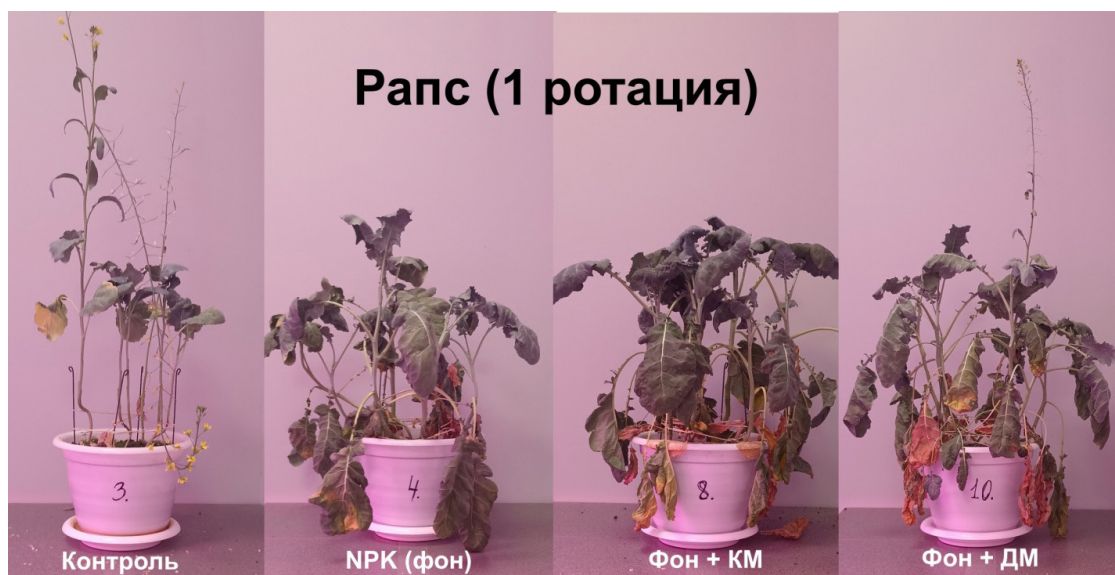


Рисунок 2 – Внешний вид опыта с рапсом (1-я ротация) перед уборкой

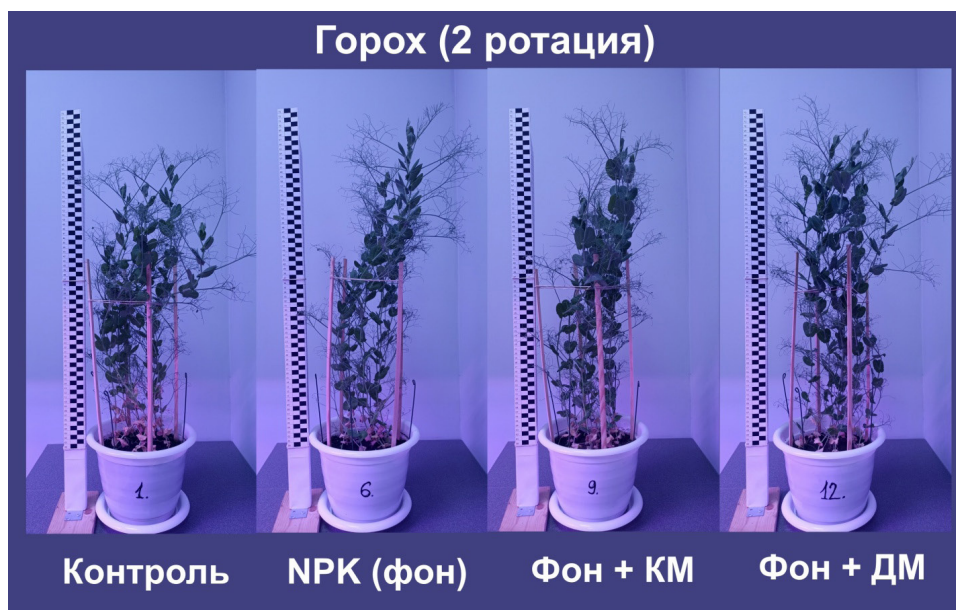


Рисунок 3 – Внешний вид опыта с горохом (2-я ротация) перед уборкой

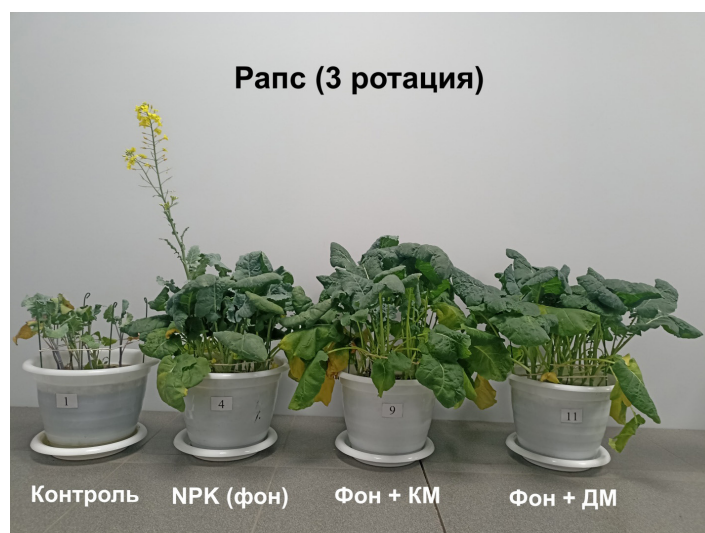


Рисунок 4 – Внешний вид опыта с рапсом (3-я ротация) перед уборкой



Рисунок 5 – Внешний вид опыта с горохом (4-я ротация) перед уборкой

АРАВИВА 15:15:15(10) в первый срок исследований привело к достоверному увеличению выхода зелёной массы рапса (в 2,77 раза) по сравнению с контрольным вариантом. Разница в массе растений в воздушно-сухом состоянии достигла 3,69 раза.

В вариантах с внесением химических мелиорантов урожайность рапса также была достоверно выше, чем в контрольном варианте. Выход воздушно-сухой массы растений рапса при известковании конверсионным мелом превышал контрольный вариант в 3,83 раза, при известковании доломитовой мукой – в 3,49 раза. Следует отметить, что существенных различий в урожайности рапса между вариантами с внесением разных мелиорантов выявлено не было.

В третий срок исследований урожайность ярового рапса снизилась.

В контрольном варианте потеря воздушно-сухой массы растений рапса составила 33,67 %, в варианте с использованием комплексного удобрения АРАВИВА 15:15:15(10) – 29,33 %. Урожайность растений, выращенных в вариантах с использованием конверсионного мела и доломитовой муки, к третьему сроку эксперимента снизилась на 27,62 % и 26,50 %.

Потеря урожайности рапса к третьему сроку эксперимента в контрольном варианте может быть связана с недостатком элементов питания.

В варианте с применением АРАВИВА 15:15:15(10) высокий выход вегетативной мас-

сы растений приводит к большему выносу кальция культурами, что в свою очередь может быть причиной небольшого подкисления почвы в этом варианте (таблица 4).

Важно при этом подчеркнуть, что рапс и горох относятся к представителям семейства капустных и бобовых, характеризующихся высоким потреблением кальция. Вынос СаО с гектара у рапса составляет 300-500 кг, у гороха – 120-150 кг.

В вариантах с внесением мелиорантов потери кальция компенсируются внесёнными карбонатами кальция, поэтому подкисление здесь происходит в меньшей степени (таблица 3).

На рисунках 2 и 4 представлены фотографии рапса перед уборкой.

В таблице 5 представлены урожайность и биометрические показатели гороха второй и четвёртой ротации.

Данные свидетельствуют, что на второй срок изучения высота растений гороха по всем вариантам опыта варьировалась в пределах 83,0-85,3 см, при этом достоверных различий между вариантами выявлено не было (рисунок 3).

Растения гороха четвёртой ротации, напротив, сильно отличались между собой. Минимальная высота растений была выявлена в варианте с внесением АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10), она составила 25,3 см и достоверно отличалась от всех остальных вариантов (таблица 5, рисунок 5).

Таблица 5 – Урожайность и биометрические показатели гороха второй и четвёртой ротации

Вариант опыта	Высота гороха, см	Зелёная масса растений гороха, г/сосуд	Масса бобов при уборке, г/сосуд	Воздушно-сухая масса растений, г/сосуд	Количество бобов, шт.	Масса горошин, г
2-я ротация						
1. Контроль	83,7	82,23	16,60	12,33	12	4,17
2. АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) – (фон)	85,3	85,47	21,22	13,07	14	6,25
3. Фон + КМ по 1Нг	83,0	91,05	14,53	13,88	14	3,38
4. Фон + ДМ по 1Нг	84,7	94,93	16,03	14,43	18	3,72
НСР05	9,2	20,87	14,46	2,79	–	–
4-я ротация						
1. Контроль	48,3	30,95	5,70	7,48	5	2,77
2. АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) – (фон)	25,3	10,82	1,83	3,22	3	0,43
3. Фон + КМ по 1Нг	43,3	27,52	8,83	5,78	6	4,40
4. Фон + ДМ по 1Нг	39,0	27,58	8,92	5,82	5	4,95
НСР05	8,3	12,16	7,23	2,16	–	–



Рисунок 6 – Формирование семян гороха 2-й ротации по вариантам опыта

Подобные закономерности были выявлены и при анализе урожайности растений. Урожайность гороха второй ротации варьировалась по вариантам опыта от 82,23 до 94,93 г/сосуд (зелёной массы растений) и от 12,33 до 14,43 г/сосуд (воздушно-сухой массы растений). Максимальные значения урожайности были достигнуты в вариантах с применением химических мелиорантов. Растения гороха четвёртой ротации обладали значительно меньшей урожайностью. Выход вегетативной массы растений составил от 10,82 до 30,95 г/сосуд (зелёной массы растений) и от 3,22 до 7,48 г/сосуд. При этом минимальная урожайность была выявлена у растений варианта с применением АРАВИВА, а максимальная – в контрольном варианте. Как уже упоминалось выше, подобная закономерность, по нашему мнению, связана со значительным выносом кальция выращиваемыми культурами на первых сроках проведения эксперимента, когда в вариантах с удобрением и мелиорантами формировалась максимальная биомасса. На поздних этапах проведения эксперимента почвы из сосудов с применением удобрений были уже обеднены кальцием.

Внесение удобрений и мелиорантов оказало влияние и на формирование бобов (рисунки 6, 7).

Количество бобов, сформировавшихся у растений гороха второй и четвёртой ротации, сильно отличалось между собой (таблица 5). В первом случае количество бобов по вариантам опыта в среднем колебалось в пределах 12–18 шт., во втором – в пределах 3–6 шт.

Количество семян в бобах сильно варьировалось даже в пределах одного варианта

(рисунки 6, 7). Масса семян, сформировавшихся у растений второй ротации, колебалась от 3,38 до 6,25 г, причём максимальная масса горошин была выявлена в варианте с применением АРАВИВА 15:15:15(10). У растений четвёртой ротации масса семян была ниже и колебалась от 0,43 до 4,95 г/сосуд. При этом в варианте с АРАВИВА 15:15:15(10) урожай семян был минимальный.

В целом можно заключить, что удобрения и мелиоранты оказали положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Формирование высоких урожаев рапса и гороха в вариантах с использованием удобрений и мелиорантов способствовало повышенному выносу кальция из почвы. В вариантах с использованием химических мелиорантов эти потери были компенсированы. Использование комплексного удобрения в чистом виде привело к снижению урожайности растений на поздних этапах проведения эксперимента.

Заключение. Использование комплексного минерального удобрения АРАВИВА 15:15:15(10) привело к подкислению почвы. По мере проведения эксперимента величина рН солевой вытяжки снизилась с 5,41 до 4,85 ед. В вариантах с известкованием почв произошла некоторая нейтрализация почвенной кислотности. После уборки первого урожая рапса величина рН солевой вытяжки возросла до 5,82–5,70 ед. К концу третьей ротации значения рН_{ксл} снизились до 5,42–5,45 ед. Почвы перешли в категорию слабокислых почв.

Внесение АРАВИВА 15:15:15(10) в первый срок исследований привело к достоверному увеличению выхода массы рапса (в 3,69 раза) по сравнению с контрольным вариантом. В вариантах

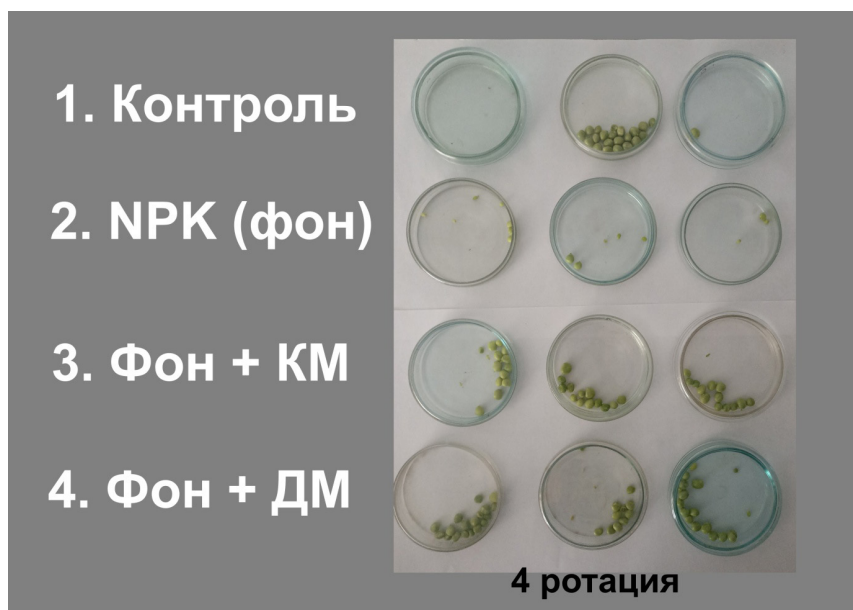


Рисунок 7 – Формирование семян гороха 4-й ротации по вариантам опыта

с внесением химических мелиорантов урожайность рапса также была достоверно выше и превышала растения контрольного варианта в 3,49–3,83 раза. В третий срок исследований урожайность ярового рапса снизилась в контрольном варианте на 33,67 %, в варианте с использованием комплексного удобрения АРАВИВА 15:15:15(10) – на 26,50–27,62 %.

Урожайность гороха второй ротации варьировалась по вариантам опыта от 12,33 до 14,43 г/сосуд (воздушно-сухой массы растений) с максимальными значениями в вариантах с применением химических мелиорантов. Растения гороха четвертой ротации обладали значительно меньшей урожайностью (3,22 до 7,48 г/сосуд) с минимальной урожайностью растений варианта с применением АРАВИВА. Аналогичные закономерности были выявлены при анализе данных формирования бобов гороха.

Список источников

1. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Изменение плодородия почвы и продуктивности севооборота при длительном применении минеральных удобрений с известкованием // Плодородие. 2021. № 1 (118). С. 27-29. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.08. EDN: XEGXVM.

2. Федюшкин А.В., Пасько С.В. Эффективность возделывания гороха Премьер в зависимости от вносимых минеральных удобрений и норм посева // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 212-227. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227. EDN: CVCWZC.

3. Беляев В.И., Буксман В.Э., Прокопчук Р.Е. Эффективность применения различных форм азота при возделывании ярового рапса и сои в Алтайском крае // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 2 (58). С. 12-18. DOI: 10.35694/YARCX.2022.58.2.002. EDN: AXSNUB.

4. Influence of fertilizer systems on soil organic carbon content and crop yield: results of long-term field experiments at the geographical network of research stations in Russia / V.G. Sychev [et al.] // Eurasian Soil Science. 2020. Т. 53. № 12. С. 1794-1808.

5. Налиухин А.Н., Смирнова А.А. Влияние различных систем удобрения и известкования на урожайность и химический состав клевера лугового // Плодородие. 2024. № 4 (139). С. 23-26. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.05. EDN: MYQMDB.

6. Influence of lime and phosphorus fertilizer on shallot growth and bulb yield in strongly acid soils in West Java, Indonesia / G.A. Sopha [et al.] // Acta Horticulturae. 2021. No. 1312. P. 315-322. DOI: 10.17660/actahortic.2021.1312.46. EDN: TJAVBC.

7. Чеботарев Н.Т., Броварова О.В. Эффективность минеральных удобрений и известки при возделывании многолетних трав на дерново-подзолистой почве Республики Коми // Кормопроизводство. 2022. № 2. С. 29-33. EDN: MQYQUN.

8. Лаврищева Т. Влияние комплексного удобрения АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) на урожайность и биометрические показатели салата цикорного эндивия (*Cichorium endivia* L.) // Zemljiste i Biljka. 2024. Т. 73. № 1. С. 39-52.

9. Influence of led lighting power on Indau (*Eruca sativa* (Mill.)) / V.M. Kondratev [et al.] //

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. 2021. С. 032078.

10. Влияние удобрений и мелиорантов на величину почвенной кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, урожайность и химический состав зеленой массы ярового рапса (по данным лабораторно- вегетационного опыта) / А.В. Литвинович [и др.] // Агрохимия. 2024. № 5. С. 37-44. DOI: 10.31857/S0002188124050055. EDN: CZGYTJ.

11. Nelson Q.M., Manakov P.S. Dynamics of pH_{KCl} of reclaimed Umbric Albeluvisol abruptic by ameliorants of various chemical nature // *Zemljiste i Biljka*. 2024. Т. 73. № 1. С. 26-38.

12. Лаврищев А.В. Изучение поведения стабильного стронция в агроэкосистемах Северо-Запада России: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03. Санкт-Петербург, 2016. 272 с. EDN: XDVSMR.

13. Лаврищев А.В., Литвинович А.В. Стабильный стронций в агроэкосистемах. Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2019. 192 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-3926-3. EDN: PEKRCV.

14. Leaching of strontium from albic retisol limed with sr-containing industrial waste / A. Litvinovich [et al.] // *Zemdirbyste*. 2021. Vol. 108. No. 3. P. 227-232. DOI: 10.13080/z-a.2021.108.029. EDN: UGCCTT.

15. Contamination of the Agroecosystem with Stable Strontium Due to Liming: An Overview and Experimental Data / A. Lavrishchev [et al.] // *Advances in Understanding Soil Degradation*. 2022. P. 423-449. DOI: 10.1007/978-3-030-85682-3_20. EDN: LLQOQF.

16. Голопятов М.Т., Гурьев Г.П. Влияние комплексного микроудобрения Аквамикс и инокуляции на продуктивность и качество сортов гороха нового поколения // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2021. № 2 (38). С. 52-58. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-52-58. EDN: IQTXBQ.

References

1. Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. Izmenenie plodorodiya pochvy i produktivnosti sevooborota pri dlitel'nom primenenii mineral'nykh udobrenii s izvestkovaniem [Changes in soil fertility and crop rotation productivity with long-term use of mineral fertilizers with liming]. *Plodorodie*. 2021; 1(118): 27-29. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.08. EDN: XEGXVM. (In Russ).

2. Fedyushkin A.V., Pasko S.V. Effektivnost' vzdelyvaniya gorokha Prem'er v zavisimosti ot vnosimyykh mineral'nykh udobrenii i norm poseva [Efficiency of cultivation of Premier peas depending on the applied mineral fertilizers

and sowing rates]. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023; 13(2): 212-227. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-212-227. EDN: CVCWZC. (In Russ).

3. Belyaev V.I., Buksman V.E., Prokopchuk R.E. Effektivnost' primeneniya razlichnykh form azota pri vzdelyvanii yarovogo rapsa i soi v Altaiskom krae [Efficiency of application of various forms of nitrogen in cultivation of spring rape and soybeans in the Altai region]. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*. 2022; 2(58): 12-18. DOI: 10.35694/YARCX.2022.58.2.002. EDN: AXSNUB. (In Russ).

4. Sychev V.G. et al. Influence of fertilizer systems on soil organic carbon content and crop yield: results of long-term field experiments at the geographical network of research stations in Russia. *Eurasian Soil Science*. 2020; 53(12): 1794-1808.

5. Naliukhin A.N., Smirnova A.A. Vliyanie razlichnykh sistem udobreniya i izvestkovaniya na urozhainost' i khimicheskii sostav klevera lugovogo [Effect of different fertilization and liming systems on the yield and chemical composition of red clover]. *Plodorodie*. 2024; 4(139): 23-26. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.05. EDN: MYQMDB. (In Russ).

6. Sopha G.A. et al. Influence of lime and phosphorus fertilizer on shallot growth and bulb yield in strongly acid soils in West Java, Indonesia. *Acta Horticulturae*. 2021; (1312): 315-322. DOI: 10.17660/actahortic.2021.1312.46. EDN: TJAVBC.

7. Chebotarev N.T., Brovarova O.V. Effektivnost' mineral'nykh udobrenii i izvesti pri vzdelyvanii mnogoletnikh trav na dernovo-podzolistoi pochve Respubliki Komi [Efficiency of mineral fertilizers and lime in the cultivation of perennial grasses on sod-podzolic soil of the Komi Republic]. *Fodder Production*. 2022; (2): 29-33. EDN: MQYQUN. (In Russ).

8. Lavrisheva T. Vliyanie kompleksnogo udobreniya APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) na urozhainost' i biometricheskie pokazateli salata tsikornogo endiviya (*Cichorium endivia* L.) [Effect of complex fertilizer APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) on yield and biometric parameters of chicory endive salad (*Cichorium endivia* L.)]. *Zemljiste i Biljka*. 2024; 73(1): 39-52. (In Russ).

9. Kondratev V.M. et al. Influence of led lighting power on Indau (*Eruca sativa* (Mill.)). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. 2021: 032078.

10. Litvinovich A.V. et al. Vliyanie udobrenii i meliorantov na velichinu pochvennoi kislotnosti

derново-podzolistoi legkosuglinistoi pochvy, urozhainnost' i khimicheskii sostav zelenoi massy yarovogo rapsa (po dannym laboratorno-vegetatsionnogo opyta) [The influence of fertilizers and ameliorants on the value of soil acidity of sod-podzolic light loamy soil, productivity and chemical composition of green mass of spring rape (according to laboratory-vegetation experiment)]. *Agrohimia*. 2024; (5): 37-44. DOI: 10.31857/S0002188124050055. EDN: CZGYTJ. (In Russ).

11. Nelson Q.M., Manakov P.S. Dynamics of pH_{KCl} of reclaimed Umbric Albeluvisol abruptic by ameliorants of various chemical nature. *Zemljiste i Biljka*. 2024; 73(1): 26-38.

12. Lavrishchev A.V. Izuchenie povedeniya stabil'nogo strontsiya v agroekosistemakh Severo-Zapada Rossii [Study of the behavior of stable strontium in agroecosystems of North-West Russia] [Dissertation]. Saint Petersburg; 2016: 272. EDN: XDVSMR. (In Russ).

13. Lavrishchev A.V., Litvinovich A.V. *Stabil'nyi strontsii v agroekosistemakh* [Stable strontium in agroecosystems]. Saint Petersburg: Izd-vo «Lan'»; 2019: 192. ISBN 978-5-8114-3926-3. EDN: PEKRCV. (In Russ).

14. Litvinovich A. et al. Leaching of strontium from albic retisol limed with sr-containing industrial waste. *Zemdirbyste*. 2021; 108(3): 227-232. DOI: 10.13080/z-a.2021.108.029. EDN: UGCCTT.

15. Lavrishchev A. et al. Contamination of the Agroecosystem with Stable Strontium Due to Liming: An Overview and Experimental Data. *Advances in Understanding Soil Degradation*. 2022: 423-449. DOI: 10.1007/978-3-030-85682-3_20. EDN: LLQOQF.

16. Golopyatov M.T., Guryev G.P. Vliyanie kompleksnogo mikroudobreniya Akvamiks i inokulyatsii na produktivnost' i kachestvo sortov gorokha novogo pokoleniya [The influence of complex microfertilizer Aquamix and inoculation on the productivity and quality of new generation pea varieties]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021; 2(38): 52-58. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-52-58. EDN: IQTXBQ. (In Russ).

ВКЛАД АВТОРОВ

Лаврищев А.В. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; написание исходного текста; итоговые выводы.

Лаврищева Т.А. – участие в закладке и проведении вегетационного опыта; химический анализ; интерпретация данных; редактирование текста; итоговые выводы.

Клятышева А.И. – участие в закладке и проведении вегетационного опыта; химический анализ; интерпретация данных; доработка текста; итоговые выводы.

AUTHORCONTRIBUTION

Lavrishchev, A.V. – scientific guidance; research concept; development of methodology; writing the original text; final conclusions.

Lavrishcheva, T.A. – participation in the laying and conducting of the vegetation experiment; chemical analysis; interpretation of the data; text editing; final conclusions.

Klyatysheva, A.I. – participation in the laying and conducting of the vegetation experiment; chemical analysis; interpretation of the data; revision of the text; final conclusions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

There are no human or animal studies in the work.

Информация об авторах

А.В. Лаврищев – доктор сельскохозяйственных наук, доцент; AuthorID 644987.

Т.А. Лаврищева – кандидат сельскохозяйственных наук; AuthorID 821759.

А.И. Клятышева – AuthorID 1103799.

Information about the author

A.V. Lavrishchev – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor; AuthorID 644987.

T.A. Lavrishcheva – Candidate of Agricultural Sciences; AuthorID 821759.

A.I. Klyatysheva – AuthorID 1103799.

Статья поступила в редакцию 12.11.2024; одобрена после рецензирования 13.12.2024; принята к публикации 17.12.2024.

The article was submitted 12.11.2024; approved after reviewing 13.12.2024; accepted for publication 17.12.2024.