

9. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.

10. Влияние известкования среднекислой дерново-подзолистой супесчаной почвы на урожайность зеленой массы кукурузы / В. А. Сатишур [и др.] // Актуальные проблемы наук о земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. году науки в Респ. Беларусь, Брест, 25–27 сент. 2017 г.: в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: А. К. Карабанов [и др.]; науч. ред. А. К. Карабанов, М. А. Богдасаров. – Брест: БрГУ, 2017. – Ч. 2. – С. 235–239.

THE INFLUENCE OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL LIMING ON THE NUTRIENT REMOVING AND BALANCE DURING CORN CULTIVATION

L. N. Iovik

Summary

The research results about sod-podzolic sandy loam soil liming on crop yield and nutrient accumulation in the corn green mass are presented. The data of nutrient removing by the corn yield are showed. It is considered the nutrient balance and its intensity using dolomite flour, defecate and carbide lime ameliorant. The research results show the possibility of using calcium-containing industrial wastes for the liming acidic soils. This technique reduces the ameliorants production and transportation costs.

Поступила 14.01.2022

УДК 631.81:[631.559:633.853.494]:631.445.2
[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-138-155](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-138-155)

ВЛИЯНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ОЗИМОГО И ЯРОВОГО РАПСА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Г. В. Пироговская, В. И. Сороко, С. С. Хмелевский

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Среди масличных культур, возделываемых в республике, рапс занимает особое положение. Он относится к группе культур, наиболее отзывчивых к внесению серосодержащих удобрений и на повышению уровня обеспеченности почв серой. Роль минеральных серосодержащих удобрений возрастает в условиях снижения

содержания серы в почве до низкого (6 мг/кг и менее) и среднего (6–12 мг/кг) уровня. Площадь таких почв в республике на пахотных землях составляет 90 %, а на луговых – 81,8 % от всей площади [1–5].

В последние годы (2018–2020 гг.) посевные площади под рапсом в республике находились на уровне 359,2–364,0 тыс. га, при этом валовый сбор семян составил 456,2–731,0 тыс. т, а урожайность семян находилась в пределах от 13,1 до 20,6 ц/га [6, 7].

Потребность в пищевом растительном масле в Республике Беларусь составляет около 200 тыс. т [8], и в значительной степени она обеспечивается за счет собственного производства рапсового масла.

Рапсовое масло для пищевых целей должно иметь низкое содержание насыщенных жирных кислот, особенно пальметиновой и миристиновой, а также соответствующее содержание многократно ненасыщенных жирных кислот, превалирование простых ненасыщенных жирных кислот, особенно олеиновой. Высокое содержание просто ненасыщенной олеиновой кислоты в масле рапса положительно влияет на здоровье, предохраняя сосудистую систему, снижая уровень давления, холестерина и сахара в крови. Около 80 % производимых в мире семян рапса с низким содержанием эруковой кислоты используются для получения масла на пищевые цели. Рапсовое масло содержит все физиологически важные жирные кислоты в оптимальном соотношении. По содержанию олеиновой кислоты с рапсовым маслом может соперничать только масло новых сортов подсолнечника и оливковое (около 80 % олеиновой кислоты) [9, 10].

По рекомендации Института питания РАМН [11] оптимальное для питания человека рапсовое масло безэруковых сортов должно содержать 4,5–6,1 % насыщенных жирных кислот, а в составе ненасыщенных кислот: олеиновой – 62,3–64,0 %, линолевой – 19,4–22,4, линоленовой – 7,0–8,2, эйкозеновой – 0,3–2,7, эруковой – до 0,6 %.

Согласно ГОСТ 31759–2012 «Масло рапсовое. Технические условия» [12] в рапсовом масле содержание жирных кислот должно составлять: миристиновой кислоты – не более 2 %, пальмитиновой – 2,5–7,0 %, стеариновой – 0,8–3,0 %, олеиновой – 51,0–70,0 %, линолевой – 15,0–30,0 %, арахидиновой – 0,2–1,2 %, линоленовой – 5,0–14,0 %, бегеновой – не более 0,6 %, эруковой – не более 5 %, лигноцеридиновой – не более 0,4 %.

Соотношение жирных кислот является определяющим при выборе направления использования данного масла – на пищевые цели и для производства технических масел. Однако сведений о варьировании жирнокислотного состава масла в зависимости от форм применяемых удобрений, в том числе и серосодержащих, недостаточно.

По данным ряда литературных источников продуктивность озимого рапса более высокая по сравнению с яровым (уровень урожайности в среднем на 15–25 % выше, а содержание масла – 2–4 %). В последние годы совершенствуются технологии возделывания как озимого рапса, так и ярового рапса, внедряются новые сорта, отличающиеся более высоким уровнем урожайности и содержанием масла в семенах [13–17].

Агротехнические приемы возделывания маслических культур направлены на увеличение сбора масла. Сбор рапсового масла определяется уровнем урожайности культуры и маслическостью семян. Содержание масла является устойчивым по-

казателем каждого конкретного сорта, однако в зависимости от условий выращивания и применяемых технологий в семенах одного и того же сорта масличность может варьировать от 41,1 до 50,2 % [8]. Окультуренность почв имеет особое значение для озимого рапса – он выносит из почвы больше азота, фосфора, калия и кальция по сравнению с зерновыми культурами. Особенно важно учитывать обеспеченность почв серой, внесение которой при низком ее содержании в почве в сравнительно небольших дозах (50 кг/га) значительно повышает урожай [18].

Что касается применения серосодержащих удобрений под рапс и доз внесения, то в литературных источниках имеются противоречивые мнения. В 80–90-е годы XX века предлагалось под рапс вносить 30–50 кг/га серы, а в качестве удобрений – сульфат аммония [18]. Допускалось внесение серосодержащих удобрений с осени [19], что приводит к непроизводительным потерям при вымывании.

В настоящее время под рапс применяются в основном стандартные формы азотных, фосфорных и калийных удобрений. На химических предприятиях в республике производятся и различные формы твердых и жидких серосодержащих удобрений (сульфат аммония мелкокристаллический, гранулированный, гранулированный с гуматами, бором, бором и гуматами, сульфоаммофосы, КАС с серой).

Цель наших исследований – оценка влияния разных форм серосодержащих удобрений (гранулированных и жидких) на урожайность, выход масла из семян рапса озимого и ярового при возделывании на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах высокой степени окультуренности (с индексом 0,84–0,93), а также на его жирнокислотный состав.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению эффективности разных форм минеральных серосодержащих удобрений при возделывании рапса озимого и ярового проводили в период 2018–2020 гг. на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,5 м рыхлым песком в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области. Общий размер делянки – 24 м², повторность вариантов – 4-кратная, предшественники озимого и ярового рапса в 2018 г. – ячмень, в 2019 г. – горохо-овсяная смесь, 2020 г. – озимого рапса – ячмень, ярового – картофель.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв (0–25 см) перед закладкой опытов с сельскохозяйственными культурами представлена в таблице 1.

Содержание серы в пахотном слое почвы при возделывании озимого рапса было низким – от 2,9 до 4,5 мг/кг, при возделывании рапса ярового – от 3,3 до 4,8 мг/кг почвы.

При возделывании рапса озимого в качестве минеральных удобрений для основного внесения в почву перед посевом применяли стандартные удобрения в дозе N₃₀P₇₀K₁₄₀. Серосодержащие удобрения вносили только в первую ранневесеннюю подкормку в дозе N₁₀₀S₁₁₄ и N₁₂₀S₁₃₇, во вторую подкормку применяли карбамид в дозе N₆₀-N₈₀.

В опыте с рапсом яровым в основное внесение в базовом варианте применяли стандартные формы удобрений (карбамид (Nm), аммонизированный суперфосфат (марка 8-30) и калий хлористый) и серосодержащие удобрения (разные формы сульфата аммония, (Na) в двух дозах N₁₀₀P₆₀K₁₅₀ и N₁₄₀P₈₄K₁₈₀, в том числе N₈₄S₉₆

и $N_{117,6}S_{134}$ (за вычетом азота, внесенного с аммонизированным суперфосфатом), а в подкормку применяли карбамид (N_{40} и N_{60}).

Таблица 1

Агрохимические свойства дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы при возделывании озимого и ярового рапса (2018–2020 гг.)

Годы	Агрохимические показатели					
	pH_{KCl}	гумус, %	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
мг/кг почвы						
озимый рапс						
2018	6,40	2,43	199	130	701	105
2019	5,51	2,25	186	172	685	142
2020	5,36	2,55	201	186	739	92
яровой рапс						
2018	5,14	2,31	205	190	670	80
2019	5,45	2,21	232	184	627	134
2020	5,48	2,05	220	145	779	115

В опытах возделывался озимый рапс Миранда (гибрид F1) и яровой рапс Миракел (F1). Схемы опыта при возделывании рапса ярового и озимого приведены в таблицах 1, 3. Закладку, проведение опытов, уход за посевами сельскохозяйственных культур проводили в соответствии с методическими указаниями и согласно технологическим регламентам их возделывания [20–22].

В полевых опытах из пахотного горизонта отбирали почвенные образцы, в которых определяли следующие показатели:

- гумус – по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-84);
- обменная кислотность pH_{KCl} – потенциометрический (ГОСТ 26483-85);
- содержание подвижного фосфора – по Кирсанову на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26207-84);
- содержание подвижного калия – по Кирсанову на пламенном фотометре (ГОСТ 280207-84);
- кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре;
- содержание серы – по ГОСТ 26490-85;
- отбор проб – ГОСТ 26483-85.

Отбор растительных образцов (основной и побочной продукции) и их анализ проводили согласно существующих ГОСТ и ОСТ:

- отбор проб – ГОСТ 18691-83;
- определение азота и серы после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода) общепринятыми методами: азот – ГОСТ 13496.4-93 п. 2, сера – фотоколориметрическим методом;
- сухое вещество – весовым методом;
- масличность – СТБ 1398-2003, Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Методы химических анализов сортов и гибридов, Москва. – 1970;
- содержание глюкозинолатов – по методике, указанной в источнике [23];
- жирнокислотный состав масла – ГОСТ 3041896 «Масла растительные»; метод определения – на газовом хроматографе.

В исследованиях проводился анализ рапсового масла на содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Определялись основные насыщенные кислоты (миристиновая, пальмитиновая, стеариновая), а также арахидовая, бегеновая и лигноцеридовая. Из ненасыщенных аминокислот определяли линолевую, линоленовую, олеиновую, эйкозеновую и эруковую.

Гидротермический коэффициент (ГТК) определялся по методу Г. Т. Селянинова.

Температура воздуха и количество атмосферных осадков приведены по данным наблюдений в экспериментальной базе им. Котовского Узденского района Минской области. Метеорологические условия в период вегетации рапса существенно отличались по годам.

Гидротермический коэффициент в период с апреля по август 2018 г. в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области составил 1,14, что позволяет считать вегетационный период 2018 г. как слабозасушливый. Выпадение атмосферных осадков в течение вегетационного периода было неравномерным: апрель – 41,8 мм, или 87,1 % от среднемноголетних значений, в мае – 13,6 мм (22,3 %), июне – 62,2 мм (76,8 %), июль – 148,1 мм (164,6 % от нормы, т. е. месяц был очень влажным), в августе – 48,7 мм (58,7 %). Отметим, что засухливые периоды вегетации в незначительной степени отразились на формировании урожая озимого и ярового рапса.

В 2019 г. гидротермический коэффициент с мая по август составил 1,48, что характеризует вегетационный период как оптимальный для возделывания рапса. Выпадение атмосферных осадков в течение вегетационного периода было неравномерным: апрель – 0,2 мм (осадки практически не выпадали), май – 64,6 мм (105,9 %), июнь – 62,3 мм (76,9 %), июль – 89,0 мм (98,9 %), август – 98,8 мм (119,0 % от среднемноголетней нормы).

В 2020 г. вегетационный период при возделывании рапса в целом был влажным, гидротермический коэффициент с мая по август составил 1,63. Однако весна выдалась экстремально сухой. В марте выпало 21,0 мм осадков, апрель был очень сухим (7,7 мм осадков), а в мае выпало 51 мм (83,6 %). Несмотря на то, что сумма осадков в июне составила 70 мм (86,4 %) в конце месяца отмечен бездождевой периодом с высокими среднесуточными температурами – до 23 °С. В июле прошли ливневые дожди (157,5 мм, 175,0 %), а в августе выпало 54,7 мм (65,9 % от среднемноголетней нормы). Неравномерное выпадение осадков в определенной степени повлияло на урожайность рапса.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б. А. Доспехову [22] с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на персональном компьютере, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Продуктивность озимого рапса, масличность семян, сбор масла за три года исследований (2018–2020 гг.) при использовании разных форм удобрений представлена в таблице 2.

Среднегодовая урожайность семян рапса озимого за указанный период составила: на контроле 7,6 ц/га, в вариантах с внесением фосфорных и калийных удобрений ($N_{18,7}P_{70}K_{140}$ – фон) – 13,2 ц/га, различных форм и доз азотных удобрений

на фоне РК – 18,3–25,2 ц/га, с прибавкой от азота, к фону – от 5,1 до 12,0 ц/га. Урожайность в варианте с карбамидом гранулированным (базовый вариант) составляла 18,3 ц/га, в вариантах с серосодержащими удобрениями (разные формы сульфата аммония) – от 22,0 до 25,2 ц/га, с прибавкой к базовому 3,7–6,9 ц/га семян. Наиболее эффективными были варианты с внесением сульфата аммония, гранулированного с бором и гуматами (25,2 ц/га), сульфата аммония с гуматами (23,9 ц/га) и сульфата аммония, гранулированного с бором в дозе N_{100} (23,2 ц/га). Увеличение дозы сульфата аммония гранулированного до N_{120} не приводило к достоверному росту урожайности семян рапса озимого при дозе N_{100} (1,2 ц/га).

Что касается урожайности семян рапса озимого по годам, то в 2018 г. (ГТК = 1,14) и 2019 г. (ГТК = 1,48) урожайность по вариантам опытов была близкой, а в 2020 г. с влажным вегетационным периодом (ГТК = 1,63) она была значительно ниже.

Содержание масла в семенах озимого рапса было наиболее высоким в 2018 г. и составило в базовом варианте с карбамидом стандартным 48,7 %. В вариантах с сульфатом аммония мелкокристаллическим и гранулированным без добавок (50,1–52,2 %), наблюдалось достоверное увеличение на 1,4–3,5 % масличности семян (при $НСР_{05} = 1,24$). Увеличение дозы гранулированного сульфата аммония в подкормку рано весной от N_{100} до N_{120} и во вторую подкормку в фазу бутонизации карбамида стандартного от N_{60} до N_{80} привело к снижению содержания масла в семенах от 50,1 до 49,3 %. Применение сульфата аммония с модифицирующими добавками (бором, гуматами, бором и гуматами) достоверно повышало масличность семян по сравнению с карбамидом стандартным (базовый) – до 50,4–50,8 % (на 1,7–2,1 %). В 2019 г. влияние удобрений на содержание масла было аналогичным. В варианте с гранулированным карбамидом этот показатель был на уровне 47,5 %, и увеличивался на 1,7–2,0 % – до 49,0–49,2 % при внесении сульфата аммония мелкокристаллического, гранулированного без добавок в двух дозах, сульфата аммония с гуматами, бором, бором и гуматами. Наибольшее содержание масла отмечено в варианте с бором и гуматами – 49,5 %. Содержание масла в условиях 2020 г. было наименьшим (40,2–43,6 %), достоверных различий по вариантам опыта не наблюдалось, отмечена лишь тенденция к росту масличности (на 1,3 %) при внесении сульфата аммония с бором и гуматами. В среднем за три года исследований серосодержащие удобрения обеспечивали тенденцию или достоверное повышение содержания масла от 0,2 (сульфат аммония без добавок) до 1,8 % (сульфат аммония гранулированного с бором и гуматами).

Сбор масла в зависимости от урожая семян и их масличности варьировался по годам исследований. Сбор масла в базовом варианте составил в среднем за три года 8,5 ц/га, с сульфатом аммония мелкокристаллическим и гранулированным без добавок – 10,3–10,4 ц/га (на 1,8–1,9 ц/га выше по сравнению с базовым вариантом). Рост дозы сульфата аммония гранулированного без добавок в первую подкормку от N_{100} до N_{120} приводило к увеличению сбора масла – до 10,9 ц/га (на 0,6 ц/га). Включение в состав сульфата аммония гранулированного модифицирующих добавок оказывало положительное действие на величину сбора масла по сравнению с гранулированным сульфатом аммония без добавок. В варианте с сульфатом аммония с гуматами сбор масла увеличился до 11,2 ц/га (на 0,9 ц/га), с бором – до 11,0 ц/га (на 0,7 ц/га), с бором и гуматами – до 12,1 ц/га (на 1,8 ц/га) (табл. 2).

Для оценки и предотвращения негативного воздействия на здоровье человека в Республике Беларусь регламентируется содержание серы в масле (СТБ-140086-

2004 «Масло рапсовое»). При содержании серы в масле выше 50 мг/кг, оно должно использоваться для технических целей, меньше 30 мг/кг – на продовольственные цели, меньше 15 мг/кг – на рафинированное масло очищенное; меньше 2 мг/кг – для детского питания.

Содержание серы в масле и глюкозинолатов в семенах приводим за два года исследований (2019–2020 гг.) (табл. 3). Содержание серы в масле в 2019 г. находилось в пределах от 6,8 до 18,6 мг/кг, в 2020 г. – от 6,0 до 19,9 мг/кг, а в среднем за два года – от 7,3 до 14,5 мг/кг. За годы исследований не установлено четкого влияния азотных серосодержащих удобрений на содержание серы в масле рапса озимого. Различия с базовым вариантом находились в пределах от 0,4 до 0,9 мг/кг, и только в варианте с сульфатом аммония гранулированным с бором превышали базовый на 3,7–5,1 мг/кг. В большинстве вариантов с серосодержащими удобрениями масло было пригодно на продовольственные цели или для использования на рафинированное масло очищенное.

Содержание глюкозинолатов в семенах рапса является одним из важнейших показателей качества, которые могут ограничить применение его на пищевые цели. Содержание глюкозинолатов в семенах рапса озимого во всех вариантах опыта в годы исследований было ниже нормативного значения – не более 3 %. В 2019 г. содержание глюкозинолатов в семенах было в пределах от 1,47 до 2,32 %, в 2020 г. – от 2,00 до 2,37 %, а в среднем за два года – от 1,80 до 2,36 % (табл. 3).

В синтезе органических соединений в растениях важную роль играют как азот, так и сера. Считается, что соотношение N:S в семенах рапса должно находиться на уровне 6:1 [24]. В наших исследованиях это соотношение в среднем за 2019–2020 гг. в зависимости от вариантов опыта изменялось в пределах от 5,7 (контроль) до 6,0–6,7 (с удобрениями).

Влияние серосодержащих удобрений на урожайность, масличность и сбор масла с урожаем семян ярового рапса было близким, как и у озимого рапса. Урожайность семян рапса ярового в среднем за три года на контроле составила 8,1 ц/га, при внесении фосфорных и калийных удобрений ($N_{16}P_{60}K_{150}$, фон) – 11,9, в базовом варианте (смесь стандартных удобрений с карбамидом гранулированным, $N_{100+40}P_{60}K_{150}$) – 17,2 ц/га. Внесение в основную заправку почвы перед посевом рапса ярового разных форм сульфата аммония (N_{100}) с дополнительной подкормкой N_{40} (карбамид) в период стеблевания до начала бутонизации на фоне РК обеспечило увеличение урожайности семян рапса в среднем за три года до 19,9–23,3, с прибавкой к базовому в размере от 2,7 до 6,1 ц/га (табл. 4). При этом на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве максимальную урожайность семян рапса ярового обеспечили сульфат аммония гранулированный с бором и гуматами (23,3 ц/га), сульфат аммония гранулированный с гуматами (22,3 ц/га) и сульфат аммония гранулированный с бором (22,1 ц/га). Повышение доз азотных удобрений до N_{140+60} на фоне $P_{84}K_{180}$ было менее эффективным, прибавка семян к первой дозе азота составила 0,7 ц/га при $НСР_{05} = 1,77$ ц/га.

Содержание масла в семенах рапса ярового в среднем за 2018–2020 гг. различалось по годам: 2018 г. – от 44,2 до 46,8 %, 2019 г. – от 43,3 до 46,8 %, 2020 г. – от 29,4 до 32,4 %, в среднем за 3 года – от 39,1 до 41,7 %. В условиях 2020 г. масличность ярового рапса была в 1,4–1,5 раза ниже в сравнении с предыдущими годами исследований, что связано с влажными условиями

вегетации, оказавшими влияние на формирование семян. Внесение изучаемых форм азотных серосодержащих удобрений обеспечивало тенденцию или достоверное увеличение содержания масла в семенах ярового рапса по сравнению с базовым вариантом без серы в 2018 г. – на 0,9–2,0 %, в 2019 г. – на 2,5–3,5 %. В 2020 г. существенных различий между вариантами опыта, в том числе с применением серосодержащих удобрений и базовым вариантом, не отмечалось. Внесение азотных серосодержащих удобрений в среднем за годы исследований обеспечивало тенденцию или достоверное повышение содержания масла на 0,9–1,5 % (табл. 4).

Сбор масла с урожаем семян ярового рапса в более урожайные 2018–2019 гг. был близким к озимому рапсу и в базовом варианте находился на уровне 8,5 и 9,9 ц/га, с увеличением до 10,8–13,4 ц/га в вариантах с изучаемыми формами сульфата аммония. В 2020 г. сбор масла был в два и более раза ниже в сравнении с предыдущими. В среднем за три года исследований применение сульфата аммония мелкозернистого, гранулированного, с добавками гуматов и бора привело к увеличению сбора масла по сравнению с базовым без серы на 1,4–2,8 ц/га. Следует отметить, что в среднем за три года сбор масла с урожаем ярового рапса на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве был в 1,2–1,3 раза ниже по сравнению с рапсом озимым.

Содержание серы в масле и глюкозинолатов в семенах рапса ярового приведены за два года исследований. Результаты анализов, полученные в РУП «НПЦ гигиены», показали, что содержание серы в масле рапса ярового в 2019 г. было более высоким, чем в масле рапса озимого и находилось в пределах от 8,9 до 28,2 мг/кг. Масло в большинстве вариантов с удобрениями могло быть использовано на продовольственные цели (где содержание серы в масле меньше 30 мг/кг) и на рафинированное масло очищенное (при содержании серы меньше 15 мг/кг). В 2020 г. содержание серы в масле было более низким и в базовом было на уровне 11,7 мг/кг, в вариантах с изучаемыми формами сульфата аммония – от 6,5 до 11,9 мг/кг и во всех вариантах было пригодно на рафинированное масло очищенное (табл. 5). В среднем за 2 года содержание серы в базовом варианте и в вариантах с изучаемыми формами сульфата аммония, за исключением модифицированного бором (17,3 мг/кг) и повышенной дозы гранулированного (19,3 мг/кг) находилось в пределах от 10,1 до 13,8 мг/кг и было пригодно на рафинированное масло очищенное.

Содержание глюкозинолатов в семенах ярового рапса изменялось по вариантам опыта в 2019 г. от 0,65 (контроль) до 1,09 % (в базовом) до 1,12–1,51 % (с серосодержащими удобрениями), в 2020 г. – 1,29, 1,12 и 1,08–1,29 мг/кг соответственно. При этом в 2019 г. наблюдалась следующая закономерность: в вариантах без удобрений и при внесении минеральных удобрений без серы содержание глюкозинолатов было несколько меньшим по сравнению с вариантами с серосодержащими удобрениями. В 2020 г. четкой зависимости влияния удобрений на содержание глюкозинолатов в семенах не отмечалось. Во все годы исследований содержание глюкозинолатов в семенах рапса ярового было ниже нормативного значения (не более 3 %). Соотношение N : S на контрольном варианте в среднем за два года составило 7,1, в вариантах с удобрениями – от 6,7 до 8,6, что несколько превышало нормативы, рекомендуемые для рапса (табл. 5).

Влияние удобрений на жирнокислотный состав масла озимого и ярового рапса представлено в таблице 6.

Таблица 2

Влияние серосодержащих удобрений на урожайность, маслячность и сбор масла при возделывании рапса озимого (ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского», 2018–2020 гг.)

Вариант	Урожайность по годам, ц/га			Масличность, %			± к базовому			Сбор масла, ц/га				± к базовому
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее		
													2018 г.	
Контроль без удобрений	6,2	7,4	9,3	7,6	47,6	47,0	42,2	45,6	–	3,0	3,5	3,9	3,6	–
N _{18,7} P ₇₀ K ₁₄₀ (фон)	11,2	13,3	15,1	13,2	49,7	48,0	42,9	46,9	–	5,6	6,4	6,5	6,2	–
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Nм гр. + Pca + Kx) – базовый 1	18,8	18,9	17,2	18,3	48,7	47,5	42,3	46,2	–	9,2	9,0	7,3	8,5	–
Сульфат аммония (Na)														
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na/мк.)	25,8	22,1	18,0	22,0	52,2	49,1	40,4	47,2	3,7	13,5	10,9	7,3	10,4	1,0
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр.)	24,9	23,1	18,6	22,2	50,1	49,0	40,2	46,4	3,9	12,5	11,3	7,5	10,3	0,2
N ₃₀₊₁₂₀₊₈₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр.)	26,4	24,3	19,4	23,4	49,3	49,2	40,9	46,5	5,1	13,0	12,0	7,9	10,9	0,3
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с гуматами)	26,0	26,3	19,5	23,9	50,4	49,2	40,9	46,8	5,6	13,1	12,9	8,0	11,2	0,6
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с бором)	25,1	24,4	20,0	23,2	50,7	49,2	41,6	47,2	4,9	12,7	12,0	8,3	11,0	1,0
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с бором и гуматами)	26,6	27,1	21,8	25,2	50,8	49,5	43,6	48,0	6,9	13,5	13,4	9,5	12,1	1,8
НСР ₀₅	1,80	1,84	1,58	1,74	1,24	1,16	2,13	1,57	–	–	–	–	–	–

Таблица 3

Влияние серосодержащих удобрений на содержание серы в масле и глюкозинолатах в семенах озимого рапса (ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского», 2019–2020 гг.)

Вариант	Содержание серы в масле, мг/кг		± к базовому	Глюкозинолаты в семенах, %		± к базовому	Содержание в семенах, %		отношение N/S*
	2019 г.	2020 г.		2019 г.	2020 г.		N	S	
	среднее			среднее					
Контроль без удобрений	10,2	10,7	–	1,47	2,13	–	2,68	0,54	5,68
N _{18,7} P ₇₀ K ₁₄₀ (фон)	6,8	7,9	–	1,55	2,17	–	2,70	0,50	6,18
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Nm гр.+ Pca + Kx) – базовый 1	12,9	8,9	–	1,63	2,01	–	2,92	0,54	6,19
Сульфат аммония (Na)									
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na/мк.)	18,6	5,1	0,9	2,32	2,37	0,53	3,59	0,62	6,63
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр.)	15,8	6,0	0,0	2,24	2,13	0,37	3,52	0,67	6,01
N ₃₀₊₁₂₀₊₈₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр.)	14,8	6,2	-0,4	2,26	2,13	0,38	3,82	0,68	6,43
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с гуматами)	12,7	8,1	-0,5	2,05	2,00	0,21	3,45	0,63	6,27
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с бором)	9,2	19,9	3,7	1,83	2,34	0,27	3,41	0,64	6,10
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с бором и гуматами)	11,3	10,1	-0,2	2,20	2,06	0,31	3,80	0,65	6,69
HCP ₀₅	–	–	–	–	–	–	0,27	0,06	–

* Отношение азота и серы (N/S) рассчитывалось по значениям мг/экв данных элементов.

Таблица 4
Влияние серосодержащих удобрений на урожайность, масличность и сбор масла при возделывании рапса ярового (ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского», 2018–2020 гг.)

Вариант	Урожайность по годам, ц/га				Масличность, %				Сбор масла, ц/га					
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее		
	± к базовому				± к базовому				± к базовому					
Контроль без удобрений	9,4	10,2	4,8	8,1	–	44,2	43,7	29,4	39,1	4,2	4,5	1,4	3,2	–
N ₁₆ P ₆₀ K ₁₅₀ (фон)	12,5	16,0	7,1	11,9	–	44,9	43,6	32,2	40,2	5,6	7,0	2,3	4,8	–
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (смесь стандартных удобрений с карбамидом гранулированным) – базовый	18,9	22,9	9,9	17,2	–	44,8	43,3	32,4	40,2	8,5	9,9	3,2	6,9	–
Сульфат аммония (Na)														
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na/мк.)	23,0	24,5	12,3	19,9	2,7	46,8	46,7	31,1	41,5	10,8	11,4	3,8	8,3	1,4
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na гр.)	25,7	25,4	12,8	21,3	4,1	46,4	46,5	31,9	41,6	11,9	11,8	4,1	8,9	2,0
N ₁₄₀₊₆₀ P ₆₄ K ₁₈₀ (Na гр.)	24,5	28,9	12,7	22,0	4,8	45,7	46,5	31,5	41,2	11,2	13,4	4,0	9,1	2,2
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na гр. с гуматами)	26,2	26,9	13,8	22,3	5,1	46,5	46,8	31,8	41,7	12,2	12,6	4,4	9,3	2,4
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na гр. с бором)	26,4	26,4	13,6	22,1	4,9	46,1	45,8	31,3	41,1	12,2	12,1	4,3	9,1	2,2
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na гр. с бором и гуматами)	28,2	27,8	13,9	23,3	6,1	46,8	46,4	31,7	41,6	13,2	12,9	4,4	9,7	2,8
НСР ₀₅	1,60	2,04	1,64	1,77	–	1,27	1,09	1,64	1,35	–	–	–	–	–

Таблица 5

Влияние серосодержащих удобрений на содержание серы в масле ярового рапса и глюкозинолатов в семенах (ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского», 2019–2020 гг.)

Вариант	Содержание серы в масле, мг/кг		± к базовому		Глюкозинолаты в семенах, %			± к базовому		Содержание в семенах, %		Отношение N/S *
	2019 г.	2020 г.	сред-нее	сред-нее	2019 г.	2020 г.	сред-нее	N	S			
Контроль без удобрений	11,9	11,0	11,5	11,5	–	0,65	1,29	0,97	–	3,03	0,49	7,1
N ₁₆ P ₆₀ K ₁₅₀ (фон)	12,8	11,8	12,3	12,3	–	0,69	1,29	0,99	–	3,95	0,53	8,6
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (смесь стандартных удобрений с карбамидом гранулированным) – базовый	8,9	11,7	10,3	10,3	–	1,09	1,12	1,11	–	3,65	0,53	7,9
Сульфат аммония (Na)												
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na/мк.)	10,9	9,4	10,1	10,1	-0,2	1,24	1,2	1,22	0,11	3,80	0,58	7,4
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na гр.)	14,5	8,5	11,5	11,5	1,2	1,28	1,29	1,29	0,18	3,54	0,60	6,7
N ₁₄₀₊₆₀ P ₈₄ K ₁₈₀ (Na гр.)	26,7	11,9	19,3	19,3	9,0	1,12	1,2	1,16	0,05	3,87	0,63	7,0
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na гр. с гуматами)	20,4	7,3	13,8	13,8	3,5	1,17	1,17	1,17	0,06	3,73	0,62	6,9
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na гр. с бором)	28,2	6,5	17,3	17,3	7,0	1,51	1,12	1,32	0,21	3,90	0,59	7,5
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Na гр. с бором и гуматами)	16,0	7,1	11,5	11,5	1,2	1,44	1,08	1,26	0,15	3,88	0,60	7,5
НСР ₀₅	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,29	0,06	–

* Отношение азота и серы (N/S) рассчитывалось по значениям мг/экв данных элементов.

Таблица 6

Влияние серосодержащих удобрений на жирнокислотный состав масла из семян рапса, 2019–2020 гг.

Вариант	Содержание кислоты, %											Сумма кислот	
	МЕРИСТИ- НОВАЯ	ПЛЯМИ- ТИНОВАЯ	СТЕАРИ- НОВАЯ	ОЛЕИ- НОВАЯ	ЛИНОЛЕ- ВАЯ	ПАРАИ- НОВАЯ	ЛИНОЛЕ- НОВАЯ	ЭЙКОЗЕНО- ВАЯ	БЕГЕ- НОВАЯ	ЭРУКОВАЯ	ЛИНОЛЕ- РИНОВАЯ	НАСЫЩЕ- НЫХ	НЕНАСЫ- ЩЕННЫХ
Озимый рапс													
Контроль без удобрений	0,05	4,0	1,7	62,5	18,8	0,55	8,3	1,1	0,20	0,08	0,09	6,6	90,7
N _{18,7} P ₇₀ K ₁₄₀ (фон)	0,05	4,2	1,7	63,0	18,3	0,56	7,9	1,1	0,22	0,05	0,10	6,8	90,3
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Nм гр. +Pca + Kx) – базовый	0,05	4,2	1,7	62,9	18,5	0,56	7,9	1,1	0,26	0,05	0,10	6,8	90,3
Сульфат аммония (Na)													
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na/мк.)	0,05	3,8	1,5	63,2	18,3	0,55	7,9	1,1	0,25	0,07	0,11	6,3	90,6
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр.)	0,06	4,1	1,6	63,4	18,1	0,55	7,8	1,2	0,25	0,11	0,10	6,7	90,6
N ₃₀₊₁₂₀₊₈₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр.)	0,05	4,1	1,6	63,2	18,1	0,57	7,9	1,2	0,28	0,15	0,12	6,7	90,6
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с гуматами)	0,05	4,1	1,6	63,3	18,2	0,54	7,8	1,1	0,26	0,04	0,11	6,6	90,5
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с бором)	0,05	4,1	1,6	63,4	18,5	0,54	7,7	1,1	0,25	0,07	0,12	6,7	90,7
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с бором и гуматами)	0,05	4,1	1,6	63,5	18,3	0,44	7,7	1,1	0,26	0,10	0,12	6,6	90,7
Яровой рапс													
Контроль без удобрений	0,06	4,4	2,1	56,4	22,0	0,64	9,8	1,03	0,24	0,02	0,13	7,6	89,3
N _{18,7} P ₇₀ K ₁₄₀ (фон)	0,06	4,4	2,0	56,6	22,1	0,61	9,7	1,02	0,27	0,03	0,12	7,4	89,5
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Nм гр. + Pca + Kx) – базовый	0,06	4,3	2,0	57,4	21,6	0,64	9,5	1,02	0,25	0,02	0,12	7,4	89,5
Сульфат аммония (Na)													
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na/мк.)	0,06	4,4	2,0	57,1	21,7	0,62	9,6	1,03	0,26	0,02	0,12	7,5	89,5
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр.)	0,06	4,5	2,0	57,0	21,8	0,61	9,6	1,03	0,27	0,02	0,12	7,5	89,5
N ₃₀₊₁₂₀₊₈₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр.)	0,06	4,5	2,0	57,3	21,7	0,60	9,6	1,04	0,27	0,03	0,12	7,5	89,6
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с гуматами)	0,06	4,4	2,0	56,9	21,7	0,63	9,7	1,04	0,29	0,07	0,13	7,6	89,5
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с бором)	0,06	4,5	2,0	56,9	21,6	0,62	9,7	1,05	0,27	0,01	0,12	7,6	89,2
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Na гр. с бором и гуматами)	0,05	4,4	1,9	57,8	22,0	0,64	9,3	0,87	0,29	0,04	0,12	7,4	90,0
Среднее по сульфату аммония	0,06	4,5	2,0	57,2	21,7	0,62	9,6	1,01	0,27	0,03	0,12	7,5	89,5

Известно, что соотношение жирных кислот является определяющим для направления использования рапсового масла. В исследованиях многих авторов отмечается, что содержание жирных кислот в рапсовом масле должно быть следующее [9, 13, 25–27]:

– в семенах рапса озимого: олеиновая – 58,0–62,8 %, линолевая – 20,1–26,0 %, линоленовая – 7,9–10,0 %, пальмитиновая – 5,8 %, арахидовая – 2,9 %, эруковая – 0,5 %;

– в семенах рапса ярового: олеиновая – 59,6–61,4 %, линолевая – 21,1–22,7 %, линоленовая – 7,2 %, пальмитиновая – 4,6–4,9 %, стеариновая – 2,0–2,2 %, эйкозеновая – 1,2 %, эруковая – 0,2 %.

Однако следует отметить, что сведений о варьировании жирнокислотного состава масла от удобрений, в том числе и серосодержащих, при возделывании рапса на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах, считающихся малопродуктивными для этой культуры, недостаточно.

Наши исследования показали, что содержание жирных кислот в семенах рапса озимого и ярового зависело от форм применяемых удобрений и погодных условий (табл. 6).

Отмечено положительное влияние серосодержащих удобрений (сульфата аммония) на фоне РК на содержание и соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в масле рапса озимого. Содержание более полезных ненасыщенных жирных кислот на фоне сульфата аммония, в среднем за 2019–2020 гг., находилось в пределах от 90,5 до 90,7 %, а в базовом варианте с карбамидом гранулированным – 90,3 %, насыщенных кислот – от 6,3 до 6,7 % и в варианте без серы (базовом) – 6,8 % (табл. 6). Содержание основной ненасыщенной жирной кислоты, олеиновой, на контроле без удобрений составило 62,5 %, в вариантах с разными формами сульфата аммония – от 63,2 до 63,5 % (с увеличением на 0,3–0,6 % по сравнению с базовым). Озимый рапс отличался более стабильным жирнокислотным составом по сравнению с рапсом яровым в различные по погодным условиям годы.

Погодные условия оказали значительное влияние на жирнокислотный состав масла рапса ярового. Содержание ненасыщенных жирных кислот в среднем за два года с разными формами сульфата аммония составило 89,2–90,0 %, в базовом – 89,5 %, в том числе олеиновой – 56,9–57,8 и 57,4 %, линолевой – 21,6–22,0 и 21,6, линоленовой – 9,3–9,7 и 9,5, пальмитиновой – 4,4–4,5 и 4,3, арахидовой – 0,60–0,64 и 0,64, эруковой – 0,01–0,04 и 0,02, эйкозеновой – 0,87–1,05 и 1,02, стеариновой – 1,9–2,0 и 2,0 % соответственно (табл. 6).

Приведенные данные показывают, что масло озимого и ярового рапса, полученное в условиях 2019–2020 гг. соответствовало параметрам ГОСТ 31 759-2012 «Масло рапсовое. Технические условия».

Масло озимого рапса отличается стабильными показателями жирнокислотного состава в различные по погодным условиям годы и приближается к оптимальному составу рапсового масла, согласно рекомендациям Института питания Российской академии медицинских наук (РАМН) [11]. При этом масло рапса ярового отличается также высокими показателями жирнокислотного состава согласно ГОСТ 31 759-2012. Более высокие качественные показатели масла ярового рапса отмечены в благоприятные по погодным условиям годы, а при возделывании в неблагоприятных погодных условиях они не всегда соответствуют оптимальным параметрам, что следует учитывать при его переработке.

ВЫВОДЫ

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. При возделывании рапса озимого на низкообеспеченных серой дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах урожайность семян на фоне $N_{100+60}P_{70}K_{140}$ составила в среднем за три года (2018–2020 гг.) от 18,3 до 25,2 ц/га в зависимости от варианта. Применение серосодержащих удобрений в первую подкормку (N_{100}) достоверно увеличивало урожайность семян по сравнению с базовым вариантом без внесения серы (карбамидом на фоне PK) – на 3,7–6,9 ц/га. Наиболее эффективными были варианты с сульфатом аммония гранулированным с бором и гуматами, сульфатом аммония гранулированным с гуматами, сульфатом аммония гранулированным с бором в дозе N_{100} , обеспечившие прибавку урожайности на уровне 6,9 ц/га, 5,6, 4,9 ц/га соответственно. Увеличение дозы сульфата аммония гранулированного до N_{120} не приводило к достоверному повышению урожайности семян.

2. Урожайность рапса ярового при внесении различных форм удобрений ($N_{100+40}P_{60}K_{150}$) была на уровне от 17,2–23,3 ц/га. Серосодержащие удобрения (N_{100}) увеличивали урожайность семян по сравнению с базовым вариантом на 2,7–6,1 ц/га. Наибольший рост урожайности получен в вариантах с использованием сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами, сульфата аммония гранулированного с гуматами, сульфата аммония гранулированного с бором в дозе N_{100} на фоне $P_{60}K_{150}$, с прибавками 6,1 ц/га, 5,1 и 4,9 ц/га. Повышенная доза сульфата аммония гранулированного (N_{140}) на фоне $P_{84}K_{180}$ была не эффективна.

3. Влияние удобрений на содержание масла в семенах озимого рапса отмечено в благоприятные по погодным условиям 2018 и 2019 гг. В базовом варианте оно находилось на уровне 47,5–48,7 %, в вариантах с различными формами сульфата аммония – 48,9–52,2 %, с увеличением масличности семян от серы в составе удобрений – на 1,4–2,5 %. В неблагоприятном 2020 г. содержание масла было наименьшим (40,2–43,9 %), различий по вариантам опыта не наблюдалось. Содержание масла в семенах ярового рапса в 2018–2019 гг. в базовом варианте составило 44,1 %. Внесение различных форм сульфата аммония увеличило масличность семян на 1,9 % (до 46,0 %). В 2020 г. различий в содержании масла в семенах ярового рапса от применяемых форм азотных удобрений не отмечено.

4. Качество семян рапса ярового и озимого по содержанию глюкозинолатов при внесении различных форм азотных и азотно-серосодержащих удобрений было равноценным и не превышало допустимых норм (более 3 %). Азотно-серосодержащие удобрения не увеличивали содержания серы в масле выше нормативных показателей для рафинированного масла очищенного (меньше 15 мг/л) и на продовольственные цели (меньше 30 мг/л).

5. Согласно рекомендациям Российской академии медицинских наук, жирнокислотный состав масла рапса озимого в годы исследований был близким к оптимальному составу. Азотные серосодержащие удобрения оказали положительное влияние на содержание основной ненасыщенной олеиновой кислоты и суммы ненасыщенных жирных кислот в целом. Жирнокислотный состав масла рапса ярового по содержанию олеиновой и суммы ненасыщенных кислот при благоприятных метеорологических условиях соответствовал рапсу озимому, экстремальные погодные условия несколько снижали содержание олеиновой кислоты, при этом качество масла соответствовало стандарту (ГОСТ 31 759-2012).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богдевич, И. М.* Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь (VIII) тур / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: Хата, 2002. – 507 с.
2. *Богдевич, И. М.* Влияние серосодержащих удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур: сборник научных трудов / И. М. Богдевич, Т. М. Германович // Почвоведение и агрохимия – 1998. – Вып.30. – С. 141–146.
3. *Германович, Т. М.* Серосодержащие удобрения как фактор повышения урожайности ярового ячменя и повышения качества продукции / Т. М. Германович // Почвенные исследования и применение удобрений: Межведомственный тематич. сб. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1997. – Вып. 24. – С. 87–97.
4. *Германович, Т. М.* Влияние серосодержащих удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня содержания серы в дерново-подзолистых почвах: автореф. дис. ...канд. с-х наук / Т. М. Германович; Академия аграрных наук Республики Беларусь, Научно-исследовательское государственное предприятие «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 1998. –17 с.
5. *Анспок, П.* Применение серных удобрений: рекомендации НИИ земледелия и экономики сельского хозяйства / П. Анспок; УНТИ МСХ. – Рига, 1980. – 11 с.
6. Статистический ежегодник Республики Беларусь. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 436 с.
7. Статистический ежегодник Республики Беларусь. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2021. – 407 с.
8. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
9. Рапс / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУ Аинформ, 1999. – 208 с.
10. Erbergdowler H. F., Trautwein E. A. Rapsol in der Ernährung, Raps 11. – 1993, №3. – 137–139.
11. *Скурихин И. М., Волгарев М. Н.* Химический состав пищевых продуктов / И. М. Скурихин, М. Н. Волгарев, Кн. 1. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 213 с.
12. ГОСТ 31 759-2012 «Масло рапсовое. Технические условия». – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
13. *Шейгеревич, Г. И.* Внедрение новых сортов и современных технологий возделывания рапса агрономической службой СП «Сельскохозяйственные услуги» / Г. И. Шейгеревич // Рапсовое поле Беларуси. – 2004. – Вып. 4. – С.18–22.
14. Рекомендации по применению серосодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.] // Нац. акад. наук Беларуси; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 64 с.
15. *Полтораadneв, М. С.* Эффективность азотного серосодержащего удобрения N:S 30:7 при возделывании ярового рапса в Северной Европе / М. С. Полтораadneв, Т. В. Гребенникова // Земледелие. – 2015. – № 8. – С.37–38.
16. Эффективность новых форм жидких комплексных удобрений при некорневой подкормке озимого рапса / А. К. Золотарь [и др.] // Применение удобрений

в современном земледелии: сборник материалов Междунар. научно-практической конф.; 6 июля 2018 г., г. Жодино / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – С. 74–76.

17. *Пироговская Г. В.* Дополнение в отраслевые регламенты по использованию серосодержащих удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур (рапс, картофель, гречиха) / Г. В. Пироговская, В. И. Сороко, С. С. Хмелевский. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. – 11 с.

18. *Шлапунов, В. Н.* Возделывание крестоцветных культур в Белоруссии / В. Н. Шлапунов. – Минск: Ураджай, 1982. – 79 с.

19. *Мартынов, Б. П.* Агрономическая тетрадь. Возделывание рапса и сурепицы по интенсивной технологии / Б. П. Мартынов. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 120 с.

20. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 469 с.

21. Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 36 с.

22. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

23. Сборник методов исследований почв и растений. п. 2.17. 2. – Киев. – 2010. – С. 92.

24. *Нортон, Р.* Значение серы в питании растений / Р. Нортон, Р. Михельсен, Т. Дженсен; пер. с англ. В. В. Носов // Питание растений. – № 3. – 2014. – С. 6–9.

25. *Трохимчук, И. А.* Озимый рапс как кормовая культура в условиях юго-запада БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И. А. Трохимчук. – Жодино, 1969. – 20 с.

26. *Жолик, Г. А.* Формирование жирнокислотного состава рапсового масла / Г. А. Жолик, А. М. Луковец, Ф. И. Дехтяревич // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XVI междунар. науч.-практической конф. (Гродно, 17 мая 2013 г.) / МСХиП Республики Беларусь, УО «Гродненский государственный аграрный университет». Международная студенческая научная конференция – Гродно, 2013. – Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. – С. 53–56.

27. *Zholik H.* Sklad i jakosc plonu nasion rzepaku v zaleznošcinod dawek i terminow stosowania nawozow azotowych / H. Zholik // Folia Univ/ Agric / Szczecin. – 2004, Agricultura, 234 (93):423–426.

INFLUENCE OF SULFUR-CONTAINING FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND FATTY ACID COMPOSITION OF OIL IN WINTER AND SPRING RAPESEED WHEN CULTIVATED ON SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL

G. V. Pirogovskaya, V. I. Soroko, S. S. Khmelevskij

Summary

The paper contained the results of the data on the impact of various forms of sulfur-containing mineral fertilizers on productivity of winter and spring rapeseed and fatty acid

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

Поступила 15.05.2022

УДК 631.833.3:633.854.78

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТА МАГНИЯ В ПОСЕВАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА

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

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

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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