

7. Захарова, Д. Продуктивность и показатели качества зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян серосодержащими соединениями / Д. Захарова, В. Смывалов // Главный агроном. – 2016. – № 9. – С. 14–17.

8. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск: ООО «Промкомплекс», 2017. – 687 с.

9. 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 «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 36 с.

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

EFFECT OF SULFUR-CONTAINING FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF BUCKWHEAT AND POTATO TUBERS ON SOD-PODSOLIC LIGHT LOAMY SOIL

**G. V. Pirahouskaya, S. S. Khmelevskij, V. I. Soroko, O. I. Isaeva,
I. N. Nekrasova, E. N. Goloskok, E. N. Mironova**

Summary

The article presents the data on the influence of various forms of sulfur-containing mineral fertilizers on productivity and grain quality of buckwheat and potato tubers when growing on sod-podzolic light loamy soil. The most effective forms of sulfur-containing fertilizers were found.

Поступила 09.12.19

УДК 631.816:[631.559:633.853.494]:631.445.24

ВЛИЯНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОГО И ЯРОВОГО РАПСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

**Г. В. Пироговская, В. И. Сороко, С. С. Хмелевский, О. И. Исаева,
И. Н. Некрасова, Е. Н. Голоскок, Е. Н. Миронова**

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

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее отзывчивыми на внесение серосодержащих удобрений являются в первую очередь культуры требовательные к содержанию серы в почве – рапс яровой и озимый, капуста и другие крестоцветные культуры (редька масличная, горчица белая), гречиха, озимая и яровая пшеница, отзывчивые на внесение серы и

аммонийной формы азотного удобрения – картофель, сахарная свекла, кормовые культуры, бобовые и другие зерновые культуры, культуры, лучше произрастающие при слабокислой реакции почвенного раствора – лен, подсолнечник, морковь, томаты, щавель, петрушка, редька, тыква, кабачки, редис, крыжовник, малина и др. Практически все сельскохозяйственные культуры хорошо отзываются на внесение серы на фоне систематического и достаточного внесения азотно-фосфорно-калийных удобрений.

Серосодержащие удобрения рекомендуется вносить, прежде всего, на почвах с низкой и средней обеспеченностью серой – менее 6,0 и 6,1–12,0 мг/кг почвы соответственно. В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур эти удобрения могут применяться как в основное и припосевное внесение, так и в качестве корневых и некорневых подкормок в течение вегетационного периода растений. Однако по литературным данным известно, что только на 2–5 % площадей проводятся некорневые подкормки сельскохозяйственных культур соединениями серы и этот прием можно рассматривать лишь как дополнительный инструмент в обеспечении их биологической потребности и как меру устранения уже проявившихся симптомов дефицита этого элемента.

В последние годы в республике, как и в других странах Европы, наблюдается уменьшение содержания серы в пахотных землях и в почвах сенокосов и пастбищ. Увеличение площадей с низким и средним содержанием серы связано с уменьшением внесения органических и минеральных удобрений, содержащих серу. Дефицит серы в питании сельскохозяйственных культур ощущается при возделывании их на дерново-подзолистых почвах с низким содержанием серы и органического вещества, а также на переувлажненных почвах.

По данным VII и VIII туров агрохимического обследования почв, в пахотных средневзвешенное содержание серы по республике составляло 10,6 и 7,48 мг/кг почвы (82,6 % почв низкой и средней степени обеспеченности серой), на почвах улучшенных сенокосов и пастбищ – 12,2 и 9,19 мг/кг почвы (67,8 %) [1].

Результаты крупномасштабного обследования почв Беларуси последних туров свидетельствуют, что средневзвешенное содержание серы в пахотных почвах (среднее по всем областям) к 2013–2016 гг. снизилось до 6,19 мг/кг почвы (90,0 % почв низкой и средней степени обеспеченности серой, для сравнения в 2009–2012 гг. – 88,7 %). Следует также отметить, что в 2016 г. средневзвешенное содержание серы различалось по областям: в Брестской области оно составило 6,58 мг/кг почвы, в Гомельской – 6,81, в Гродненской – 5,53, в Минской – 7,33 и в Могилевской – 4,51 мг/кг почвы, соответственно на почвах сенокосов и пастбищ в Брестской области – 7,31 мг/кг почвы, в Гомельской – 8,17, в Гродненской – 6,68, Минской – 7,67 и Могилевской – 4,93 мг/кг почвы.

Известно применение жидких азотно-серосодержащих удобрений под рапс и другие сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых и торфяных почвах, которые свидетельствуют о положительном влиянии на урожайность и качество продукции [2].

Цель исследований – оценка влияния разных форм серосодержащих удобрений (гранулированных и жидких) на урожайность и качество продукции рапса озимого и ярового, которые очень хорошо отзываются на внесение серосодержащих удобрений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению эффективности разных форм минеральных серо-содержащих удобрений при возделывании рапса озимого и ярового проводили в период 2018–2019 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.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв (0–25 см) перед закладкой опытов с сельскохозяйственными культурами была следующей:

- с рапсом озимым в 2018 г.: рН – 6,40, P₂O₅ – 199 мг/кг почвы; K₂O – 130 мг/кг; содержание гумуса – 2,43 %; в 2019 г.: рН – 5,51; P₂O₅ – 186 мг/кг почвы; K₂O – 172 мг/кг; Ca – 685; Mg – 142 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,25 %;
- с рапсом яровым в 2018 г.: рН – 5,14, P₂O₅ – 205 мг/кг почвы; K₂O – 190 мг/кг; Ca – 670; Mg – 50 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,31 %; в 2019 г.: рН – 5,45; P₂O₅ – 232 мг/кг почвы; K₂O – 184 мг/кг; Ca – 627; Mg – 134; мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,21 %.

В качестве минеральных удобрений для основного внесения в почву при возделывании рапса ярового применяли: в базовом варианте – стандартные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и калий хлористый), КАС и карбамид жидкий, испытываемые удобрения – сульфат аммония гранулированный без добавок и с добавками гуматов, бора, бора и гуматов. Выпуск налажен или планируется на ООО «Белагроферт»; жидкие азотно-серосодержащие удобрения без добавок АСУ₁ (N–S)=20–4 и с модифицирующими добавками микроэлементов (Свежка) с содержанием N – 20 % и S – 4 % – ОАО «СветлогорскХимволокно». В схемы опытов также включены варианты с внесением элементарной серы, совместно с жидкими азотными удобрениями – КАС и карбамидом жидким, с дозами серы, как в сульфате аммония и АСУ₁ (N–S) =20–4.

При возделывании рапса озимого вносили серосодержащие удобрения в первую ранневесеннюю подкормку.

Закладку и проведение опытов проводили в соответствии с методическими указаниями. Уход за посевами сельскохозяйственных культур в опытах проводили согласно технологическим регламентам их возделывания. Обработка посевов против сорняков, вредителей и болезней осуществлялась препаратами, которые внесены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» [3]. Исследования проводили согласно существующим методикам по закладке полевых опытов [4, 5].

Почвенные образцы отбирали в полевых опытах из пахотного горизонта почвы, в которых определяли изучаемые показатели:

- гумус – по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-84);
- обменная кислотность рН (KCl) – потенциметрическим методом (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, фосфора, калия, кальция, магния, серы после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода) общепринятыми методами: азот – ГОСТ 13496.4-93 п. 2; фосфор – спектрофотометрически; калий – на пламенном фотометре; кальций – ГОСТ 26570-95; магний – ГОСТ 30502-97 на атомно-адсорбционном спектрофотометре, сера – фотоколориметрическим методом;
- сухое вещество – весовым методом.

Гидротермический коэффициент (ГТК) определялся по формуле Г. Т. Селянинова: $ГТК = (\Sigma X \cdot 10) / \Sigma T$, где: ΣX – сумма атмосферных осадков за период; ΣT – сумма положительных температур воздуха за тот же период.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б. А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на персональном компьютере, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы Excel [5].

Температура воздуха и количество атмосферных осадков приведены по данным наблюдений Гидрометцентра и в экспериментальной базе им. Котовского Узденского района, а также лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гидротермический коэффициент (ГТК) в период с апреля по сентябрь 2018 г. в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района, Минской области составил 1,18, что позволяет считать вегетационный период 2018 г. слабозасушливым. Выпадение атмосферных осадков в течение вегетационного периода было неравномерным. В апреле выпало 41,8 мм атмосферных осадков, или 87,1 % от среднемноголетних значений, в мае – 13,6 мм (22,3 %), июне – 62,2 мм (76,8 % месячной нормы атмосферных осадков), июль был очень влажным – 148,1 мм (164,6 % от нормы), в августе – 48,7 мм (58,7 %). Засушливые периоды вегетации в незначительной степени отразились на формировании урожая озимого и ярового рапса.

В 2019 г. гидротермический коэффициент с мая по сентябрь составил 1,40, что позволяет считать вегетационный период возделывания рапса ярового оптимальным. Выпадение атмосферных осадков в течение вегетационного периода было неравномерным. В апреле атмосферные осадки практически не выпадали – 0,2 мм, в мае – 64,6 мм (105,9 %), июне – 62,3 мм (76,9 %), в июле – 89,0 мм (98,9 %), в августе – 98,8 мм (119,0 %), сентябре – 35,9 мм (60,8 % от среднемноголетней нормы).

Урожайность рапса озимого Миранда (гибрид F1), возделываемого на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, в условиях засушливого вегетационного периода в 2018 г. была невысокой: на фоне РК удобрений – 11,2 ц/га

семян, при внесении азотных удобрений – 18,8–26,6 ц/га (прибавка к фону – 7,6–15,4 ц/га). Азотные удобрения, не содержащие серу и вносимые в подкормку, были менее эффективны. Так, урожайность в вариантах с карбамидом гранулированным составляла 18,8 ц/га, с карбамидом жидким – 20,5, с КАС – 21,7 ц/га. Азотные удобрения, содержащие серу, приводили к дальнейшему увеличению урожайности – 23,7–26,6 ц/га, с прибавкой от серы 4,9–7,8 ц/га семян. В вариантах с сульфатом аммония мелкокристаллическим и гранулированным прибавка от серы (к базовому варианту) составляла 6,1–7,0 ц/га. Увеличение дозы сульфата аммония гранулированного не приводило к достоверному росту урожайности рапса озимого. Жидкие азотно-серосодержащие удобрения без добавок и с добавками микроэлементов были высокоэффективны – прибавка от серы составила 5,7 и 7,2 ц/га семян соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Влияние серосодержащих удобрений на урожайность рапса озимого (ц/га) при возделывании на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области, 2018–2019 гг.

Вариант	2018 г.	2019 г.	Средняя за 2 года	+/- к базовому
Контроль без удобрений	6,2	7,4	6,8	–
N _{18,7} P ₇₀ K ₁₄₀ (фон)	11,2	13,3	12,2	–
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (смесь стандартных удобрений с Nm гранулированным) – базовый вариант	18,8	18,9	18,9	–
<i>Сульфат аммония на фоне РК</i>				
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На мелкокристаллический)	25,8	22,1	24,0	5,1
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный)	24,9	23,1	24,0	5,1
N ₃₀₊₁₂₀₊₈₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный)	26,4	24,3	25,4	6,5
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный с гуматами)	26,0	26,3	26,2	7,3
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный с бором)	25,1	24,4	24,8	5,9
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный с бором и гуматами)	26,6	27,1	26,9	8,0
<i>Жидкие серосодержащие удобрения</i>				
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Nm жидкий)	20,5	19,0	19,8	0,9
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (КАС)	21,7	23,0	22,4	3,5
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (КАС с S 4,0 %)	23,7	23,2	23,5	4,6
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (АСУ ₁)	24,5	21,2	22,9	4,0
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Свежка)	26,0	22,5	24,3	5,4
НСП ₀₅	1,80	1,84	1,82	

Nm – мочевина (карбамид), Na – сульфат аммония.

В 2019 г. урожайность рапса озимого Миранда (гибрид F1) была невысокой и составила на контрольном варианте без удобрений 7,4 ц/га, в фоновом варианте – 13,3 ц/га. Внесение разных форм азотных удобрений в подкормку на фоне

$N_{30}P_{70}K_{140}$ обеспечивало урожайность семян рапса озимого на уровне от 18,9 до 27,1 ц/га. Внесение в качестве подкормки азотных удобрений, содержащих серу, обеспечивало урожайность в пределах от 21,2 до 27,1 ц/га с прибавкой относительно базового варианта – 2,3–8,2 ц/га. Наиболее эффективными при этом были варианты с применением в качестве азотно-серосодержащих удобрений сульфата аммония гранулированного как в чистом виде (обе дозы), так и с добавками бора, гуматов, бора и гуматов.

В среднем за два года исследований урожайность семян рапса озимого составляла на контроле – 6,8 ц/га, в фоновом варианте – 12,3, с полной дозой удобрений – 18,9–26,9 ц/га. Внесение серосодержащих удобрений достоверно увеличивало урожайность семян рапса озимого по сравнению с базовым вариантом на 4,0–8,0 ц/га. При этом наиболее эффективными были варианты с использованием сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами, сульфата аммония гранулированного с гуматами, сульфата аммония гранулированного с бором в дозе N_{100+60} , а также сульфата аммония гранулированного в дозе N_{120+80} на фоне фосфорных и калийных удобрений, обеспечившие прибавку урожайности на уровне 8,0 ц/га, 7,3, 5,9 и 6,5 ц/га соответственно, (табл. 1).

Урожайность семян рапса ярового в 2018 г. на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве была достаточно высокой, на контроле она составила 9,4 ц/га, при внесении РК удобрений – 12,5, полной дозы минеральных удобрений – 18,9–28,2 ц/га. Прибавка от элементарной серы, вносимой с жидкими азотными удобрениями в дозе (4 и 24 % от массы удобрения) на фоне РК составляла 3,7–4,9 ц/га, сульфата аммония мелкокристаллического – 4,1, сульфата аммония гранулированного без добавок (обе дозы) и с добавками гуматов, бора, бора и гуматов – 5,6–9,3, жидких азотно-серосодержащих – 4,4–6,4 ц/га, относительно базового варианта (табл. 2).

Таблица 2

Влияние серосодержащих удобрений на урожайность рапса ярового (ц/га) при возделывании на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области, 2018–2019 гг.

Вариант	2018 г.	2019 г.	Средняя за 2 года	+/- к базовому
Контроль без удобрений	9,4	10,2	9,8	–
$N_{16}P_{60}K_{150}$ (фон)	12,5	16,0	14,3	–
$N_{100+40}P_{60}K_{150}$ (смесь стандартных удобрений с Nm гранулированным) – базовый вариант	18,9	22,9	20,9	–
<i>Сульфат аммония на фоне РК</i>				
$N_{100+40}P_{60}K_{150}$ (На мелкокристаллический)	23,0	24,5	23,8	2,9
$N_{100+40}P_{60}K_{150}$ (На гранулированный)	25,7	25,4	25,6	4,7
$N_{100+60}P_{84}K_{180}$ (На гранулированный)	24,5	28,9	26,7	5,8
$N_{100+40}P_{60}K_{150}$ (На гранулированный с гуматами)	26,2	26,9	26,6	5,7
$N_{100+40}P_{60}K_{150}$ (На гранулированный с бором)	26,4	26,4	26,4	5,5
$N_{100+40}P_{60}K_{150}$ (На гранулированный с бором и гуматами)	28,2	27,8	28,0	7,1

Вариант	2018 г.	2019 г.	Средняя за 2 года	+/- к базовому
<i>Жидкие серосодержащие удобрения</i>				
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Нм жидкий)	20,6	23,1	21,9	1,0
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Нм жидкий с S 4 %)	22,6	26,0	24,3	3,4
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Нм жидкий с S 24,0 %)	23,3	28,7	26,0	5,1
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (КАС)	20,8	21,4	21,1	0,2
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (КАС с S 4,0 %)	22,7	25,2	24,0	3,1
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (КАС с S 24,0 %)	23,8	24,2	24,0	3,1
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (АСУ ₁)	23,3	23,5	23,4	2,5
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Свежка)	25,3	26,4	25,9	5,0
НСР ₀₅	1,60	2,04	1,83	

Нм – мочевины (карбамид), На – сульфат аммония.

Урожайность ярового рапса (Миракел F 1) в 2019 г. составляла 10,2 ц/га – контроль, 16,0 – фон, 21,4–28,9 ц/га – варианты с NPK. Внесение удобрений, содержащих серу, положительно влияло на урожайность семян рапса ярового. Так, применение элементарной серы (с жидкими азотными удобрениями) обеспечивало тенденцию или достоверное увеличение урожайности семян рапса относительно базового варианта на 1,3–5,8 ц/га. Внесение сульфата аммония гранулированного без добавок (обе дозы) и с добавками гуматов, бора, бора и гуматов повышало урожайность семян на 2,5–6,0 ц/га, жидких азотно-серосодержащих удобрений с микроэлементами – на 3,5 ц/га. Применение сульфата аммония мелкокристаллического и азотно-серосодержащего удобрения без добавок было приблизительно на уровне смеси стандартных удобрений с карбамидом гранулированным.

В среднем за два года исследований урожайность семян рапса ярового была на достаточно высоком уровне: на контроле – 9,8 ц/га, в фоновом варианте – 14,3, с полной дозой удобрений – 20,9–28,0 ц/га. Применяемые удобрения обеспечивали увеличение урожайности относительно контроля – 4,5–18,2 ц/га семян рапса. Внесение серосодержащих удобрений достоверно увеличивало урожайность семян рапса ярового по сравнению с базовым вариантом на 2,5–7,1 ц/га. Наиболее эффективными были варианты с использованием сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами, сульфата аммония гранулированного с гуматами, сульфата аммония гранулированного с бором в дозе N₁₀₀₊₄₀ на фоне P₆₀K₁₅₀, а также сульфата аммония гранулированного в дозе N₁₄₀₊₆₀ на фоне P₈₄K₁₈₀, обеспечившие прибавку урожайности на уровне 7,1 ц/га, 5,7, 5,5 и 6,8 ц/га соответственно.

Применение карбамида жидкого с элементарной серой (4 % и 24 %), а также КАС с элементарной серой (4 %) в среднем за два года обеспечило увеличение урожайности семян рапса ярового на 3,1–5,1 ц/га по сравнению со смесью стандартных удобрений, где в качестве азотного удобрения использовался карбамид стандартный.

Качество семян рапса озимого и ярового оценивалось по масличности, содержанию в масле глюкозинолатов и серы (табл. 3, 4), массе 1000 семян, а также химическому составу.

Серосодержащие удобрения обеспечивали положительное влияние на качество семян рапса озимого. Так, содержание масла в семенах в годы исследований было близким: в 2018 г. находилось в пределах 49,3–52,2 %, в 2019 г. – 47,0–49,5 %, а в среднем за два года – 48,1–50,7 %. Минимальные показатели масличности в среднем за два года получены в базовом варианте с подкормками карбамидом гранулированным – 48,1 %. Внесение разных марок сульфата аммония повысило масличность на 1,2–2,6 % по сравнению с базовым вариантом. Жидкие азотно-серосодержащие удобрения обеспечивали тенденцию или достоверное повышение масличности семян рапса озимого (на 0,9–1,9 %) (табл. 3).

Таблица 3

Показатели качества семян рапса озимого при возделывании на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области, 2018–2019 гг.

Вариант	Масличность, %			Глюкозинолаты, мг/кг	Сера в масле, мг/кг
	2018 г.	2019 г.	среднее		
Контроль без удобрений	47,6	47,0	48,4	1,47	10,23
N _{18,7} P ₇₀ K ₁₄₀ (фон)	49,7	48,0	48,2	1,55	6,76
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (смесь стандартных удобрений с Nm гранулированным) – базовый вариант	48,7	47,5	48,1	1,63	12,90
<i>Сульфат аммония на фоне РК</i>					
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На мелкокристаллический)	52,2	49,1	50,7	2,32	18,58
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный)	50,1	49,0	49,6	2,24	15,75
N ₃₀₊₁₂₀₊₈₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный)	49,3	49,2	49,3	2,26	14,76
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный с гуматами)	50,4	49,2	49,8	2,05	12,67
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный с бором)	50,7	49,2	50,0	1,83	9,16
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (На гранулированный с бором и гуматами)	50,8	49,5	50,2	2,20	11,31
<i>Жидкие серосодержащие удобрения</i>					
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Nm жидкий)	49,8	48,3	49,3	1,69	6,34
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (КАС)	49,8	48,0	49,0	2,22	11,21
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (КАС с S 4,0 %)	50,3	49,0	49,8	1,94	9,83
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (АСУ ₁)	51,1	48,9	50,0	2,10	12,73
N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₄₀ (Свежка)	50,0	49,5	49,8	2,14	11,31
НСП ₀₅	1,24	1,16	1,20	–	–

Nm – мочеви́на (карбамид), Na – сульфат аммония.

Содержание глюкозинолатов в семенах озимого рапса в среднем по опыту составило 1,93 % и варьировало по вариантам от 1,47 до 2,32 %. При этом наблюдалась следующая закономерность: содержание глюкозинолатов в вариантах без удобрений и при внесении минеральных удобрений, не содержащих серу, было

несколько меньшим (в среднем 1,55 %), по сравнению с вариантами с серосодержащими – 2,09 %. Следует отметить, что содержание глюкозинолатов в семенах рапса озимого во всех вариантах опыта было ниже нормативного значения (СТБ 1398-2003) – не более 3 %.

Для оценки и предотвращения негативного воздействия продуктов питания на здоровье человека в Республике Беларусь регламентируется содержание серы в масле (СТБ-140086-2004 «Масло рапсовое»): если содержание серы в масле выше 50 мг/кг, то это масло 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 из семян рапса озимого в большинстве вариантов находилось в пределах 6,34–14,76 мг/кг и такое масло рекомендуется для использования на продовольственные цели и на рафинированное масло очищенное. Исключение составляли варианты с внесением сульфата аммония мелкокристаллического и гранулированного в дозе $N_{30+100+60}P_{70}K_{140}$, где содержание серы составляло 15,75–18,58 мг/кг, оно рекомендуется только на продовольственные цели (табл. 3).

Масса 1000 семян озимого рапса в опыте находилась в пределах от 4,80 г на контроле без удобрений до 4,88–5,27 г при внесении полного минерального удобрения (NPK). Применяемые удобрения обеспечивали тенденцию или достоверное повышение массы 1000 семян рапса озимого на 0,08–0,47 г по сравнению с контролем, а по сравнению с базовым вариантом – на 0,19–0,39 г.

Удобрения оказали определенное воздействие на химический состав семян рапса озимого. Содержание азота в зависимости от вариантов опыта находилось в пределах 3,05–3,82 %, содержание фосфора – 1,46–1,77 %, калия – 0,74–0,84 %, кальция – 0,20–0,24, магния – 0,50–0,61 %. Внесение серосодержащих удобрений оказало некоторое влияние и на поступление серы в семена рапса. В контрольном варианте, а также при внесении удобрений без серы ее содержание было несколько ниже (0,48–0,67 %), чем с удобрениями, содержащими серу (0,70–0,86 %).

Отношение азота к сере в продукции озимого рапса находилось в пределах 4,7–7,5 и свидетельствовало об удовлетворительном питании серой, так как только при очень высоком соотношении азота и серы (более 18,5:1) наблюдается ощутимый недостаток серы для растений.

Содержание масла в семенах рапса ярового находилось в пределах 44,0–46,8 % (по средним показателям за 2018–2019 гг.). В варианте без удобрений (контроль) его содержание составило 44,0 %, при внесении фосфорных и калийных удобрений ($N_{16}P_{60}K_{150}$) – 44,3 %. В базовом варианте масличность составила 44,1 %. Внесение серосодержащих удобрений (разных форм сульфата аммония) повышало содержание масла в семенах на 1,9–2,7 %, массу 1000 семян – на 0,22–0,96 г, жидких азотных и азотно-серосодержащих удобрений – на 0,5–2,1 % и 0,24–0,68 г соответственно. В целом серосодержащие удобрения повышали массу 1000 семян рапса ярового до 4,66–5,40 г при показателе в базовом варианте – 4,44 % (табл. 4).

Содержание глюкозинолатов в контрольном варианте составило 0,65 %, в вариантах с удобрениями – 0,69–1,51 % и ни в одном варианте не превышало нормативного значения показателя (не более 3 %, согласно СТБ 1398-2003).

В масле рапса ярового содержание серы изменялось, в зависимости от вариантов опыта – 5,42–28,21 мг/кг, и, согласно СТБ 140086-2004 «Масло рапсовое», соответствовало применению на продовольственные цели (менее 30 мг/кг) или в качестве масла очищенного рафинированного (менее 15 мг/кг).

Таблица 4

Показатели качества семян рапса ярового при возделывании на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области, 2018–2019 гг.

Вариант	Масличность, %			Глюкозинолаты, мг/кг	Серя в масле, мг/кг
	2018 г.	2019 г.	среднее		
Контроль без удобрений	44,2	43,7	44,0	0,65	11,89
N ₁₆ P ₆₀ K ₁₅₀ (фон)	44,9	43,6	44,3	0,69	12,75
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (смесь стандартных удобрений с карбамидом гранулированным) – базовый вариант	44,8	43,3	44,1	1,09	8,91
<i>Сульфат аммония на фоне РК</i>					
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (На мелкокристаллический)	46,8	46,7	46,8	1,24	10,87
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (На гранулированный)	46,4	46,5	46,5	1,28	14,50
N ₁₀₀₊₆₀ P ₈₄ K ₁₈₀ (На гранулированный)	45,7	46,5	46,1	1,12	26,66
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (На гранулированный с гуматами)	46,5	46,8	46,7	1,17	20,36
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (На гранулированный с бором)	46,1	45,8	46,0	1,51	28,21
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (На гранулированный с бором и гуматами)	46,8	46,4	46,6	1,44	16,03
<i>Жидкие серосодержащие удобрения</i>					
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Нм жидкий)	45,0	44,1	44,6	1,09	5,42
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Нм жидкий с S 4,0 %)	45,6	43,9	44,8	1,25	18,36
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Нм жидкий с S 24,0 %)	45,5	45,0	45,3	1,18	18,11
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (КАС)	45,4	43,8	44,6	0,94	14,53
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (КАС с S 4,0 %)	45,6	45,6	45,6	1,27	13,97
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (КАС с S 24,0 %)	45,6	46,0	45,8	1,32	12,95
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (АСУ ₁)	46,3	44,2	45,3	1,15	12,23
N ₁₀₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (Свежка)	46,1	45,2	45,7	1,04	11,92
НСР ₀₅	1,27	1,09	1,18	–	–

Нм – мочевина (карбамид), На – сульфат аммония.

Содержание азота в семенах рапса ярового в варианте без удобрений (контроль) было наименьшим – 3,43 %. При внесении удобрений твердых и жидких его содержание находилось в пределах от 3,54 до 4,02 %. В вариантах с применением жидких азотно-серосодержащих удобрений увеличение содержания азота было достоверным или близким к достоверному по отношению к базовому варианту. Содержание фосфора в зависимости от вариантов опыта составляло 1,88–2,19 %, калия – 0,89–1,14, кальция – 0,16–0,20, магния – 0,68–0,75 %.

Твердые и жидкие формы серосодержащих удобрений оказали влияние на поступление серы в семена ярового рапса. В вариантах, где сера не вносилась и при

внесении удобрений без серы ее содержание находилось на уровне 0,72–0,74 %. В вариантах с внесением элементарной серы совместно с жидкими азотными удобрениями, а также разных форм сульфата аммония наблюдалась тенденция повышения содержания серы (до 0,75–0,88 %). Отношение азота к сере в продукции ярового рапса было в пределах от 4,7 до 6,1.

ВЫВОДЫ

Полученные экспериментальные данные на рыхлосупесчаной почве при возделывании рапса озимого и ярового позволяют сделать следующие выводы:

1. Внесение серосодержащих удобрений под рапс озимый (N_{100} на фоне РК) достоверно увеличивало урожайность семян на 4,0–8,0 ц/га по сравнению с базовым вариантом. Наиболее эффективными были сульфат аммония гранулированный с бором и гуматами (8,0 ц/га), сульфат аммония гранулированный с гуматами (7,3 ц/га), сульфат аммония гранулированный с бором (5,9 ц/га).

2. При внесении серосодержащих удобрений под рапс яровой увеличивалась урожайность семян на 2,5–7,1 ц/га по сравнению с базовым вариантом. Наиболее эффективными были варианты с внесением сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами, сульфата аммония гранулированного с гуматами, сульфата аммония гранулированного с бором в дозе N_{100} на фоне $P_{60}K_{150}$, а также сульфата аммония гранулированного в дозе N_{140} на фоне $P_{84}K_{180}$, обеспечившие прибавку семян на уровне 7,1 ц/га, 5,7, 5,5 и 6,8 ц/га соответственно.

3. Серосодержащие удобрения оказывали положительное влияние на качество семян рапса озимого и ярового за счет увеличения содержания масла на 1,4–2,0 % и 1,7–3,5 %, массы 1000 семян – на 0,24–0,38 г и 0,22–0,96 г, при содержании глюкозинолатов в семенах ниже предельно допустимого значения (не более 3 %).

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. Применение новых форм жидких азотно-серосодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии. – 2012. – 31 с.

3. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь – Минск: ООО «Промкомплекс», 2017. – 687 с.

4. 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 «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 36 с.

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

**EFFECT OF SULFUR-CONTAINING FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY
AND QUALITY OF WINTER AND SPRING RAPE SEEDS
ON SOD-PODSOLIC LOAMY SAND SOIL**

**G. V. Pirahouskaya, V. I. Soroko, S. S. Khmelevskij, O. I. Isaeva,
I. N. Nekrasova, E. N. Goloskok, E. N. Mironova**

Summary

The article presents the data on the influence of various forms of sulfur-containing mineral fertilizers on productivity and grain quality of winter and spring rape (seeds) growing on sod-podsolic loamy sand soil. Most effective forms of fertilizers were established.

Поступила 10.12.19

УДК 631. 812. 2:633:631.445.2

**АГРОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
ВЫСОКОКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

М. В. Рак, С. А. Титова, Н. С. Иванова, Л. Н. Гук, Ю. А. Артюх
*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

В комплексе факторов формирования урожая и качества растениеводческой продукции решающее значение имеет сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. При высоком уровне плодородия почв и применения макроудобрений под культуры, возделываемые по интенсивным технологиям, возрастает роль микроэлементов в создании оптимального баланса питательных веществ [1, 2]. Микроэлементы принимают самое активное участие в процессах роста, развития и плодоношения растений. Многие из них входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и других биологически активных соединений, осуществляющих функционирование растительного организма. Микроэлементы оказывают существенное влияние на повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды, на проницаемость клеточных мембран и поглощение растениями элементов питания [3]. При этом большое значение имеют микроэлементы для повышения эффективности азота, фосфора и калия и их поступления в растения. Применение меди и бора улучшает поступление в растения азота. Цинк изменяет проницаемость мембран для калия и магния. У растений с дефицитом цинка отмечается повышенная концентрация неорганического фосфора [2, 4].