

11.3 t/ha, conditional net income – 485 USD/ha, profitability – 174 % at the cost of 1 ton of corn grain gain 47 USD. With this system of fertilizer, the content of humus and mobile forms of phosphorus and potassium for the years of study remained at the initial level or close to the one.

Поступила 06.12.19

УДК 631.816:[633.12+633.491]:631.445.24

ВЛИЯНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ГРЕЧИХИ И КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

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

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

ВВЕДЕНИЕ

По своему физиолого-биологическому значению сера для растений находится в одном ряду с азотом, фосфором и калием. Она входит в состав белков, растительных масел, ферментов, витаминов, фитонцидов, играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах в растениях, участвует в процессах дыхания и синтеза незаменимых аминокислот, витаминов, ферментов, в углеводном и азотном обмене, синтезе хлорофилла и ассимиляции нитратов растениями, принимает активное участие в азотном обмене, круговороте элементов (K, Ca, Mg, Al), способствует синтезу растительных белков. Недостаток этого элемента в почве снижает содержание хлорофилла в листьях, задерживает деление и рост клеток растений.

При невысоком уровне урожайности потребление растениями серы компенсируется, как правило, за счет высвобождения ее из минеральных и органических соединений почвы, а также за счет привнесения с атмосферными выпадениями и удобрениями. Однако вследствие существенного снижения в последние годы выбросов промышленными предприятиями сульфатов в атмосферу, применения высококонцентрированных удобрений, увеличения общей урожайности сельскохозяйственных культур, уменьшения объемов внесения органических удобрений, изменения структуры севооборотов, в ряде случаев наблюдается дефицит серы, что является причиной отрицательного баланса этого элемента в пахотных почвах и негативно влияет на урожайность и качество продукции.

В мировой практике применяется широкий ассортимент серосодержащих удобрений: сульфат аммония (24 % S), суперфосфат (13 % S), элементарная гранулированная сера (90 % S), сульфат аммония-натрия (22,6 % S), сульфат калия (17–18 % S), калимагnezия (15 % S), калимаг (13 % S), сульфат магния (28,6 % S), азофоска с серой (2 % S), азотосульфат (3–14 % S), сульфоаммофос (8–14 % S), сульфонитрат (5–7 % S), диамофоска с серой (1–3 % S), микроудобрения – мар-

ганец сернокислый пятияводный (14–17 % S), сульфат цинка семиводный (11 % S), фосфогипс (23,4 % серы) и др. В Республике Беларусь, а также в других странах основным серосодержащим удобрением являлся сульфат аммония, содержащий 20,5 % азота и 24,0 % серы.

В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал по влиянию серосодержащих удобрений на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур. Так, например, в исследованиях Т. М. Германович, И. М. Богдевича, Г. В. Пироговской, О. М. Таврыкиной, Я. В. Докшина, М. С. Полтораднева и др. отмечается положительное влияние серы на увеличение урожайности ряда сельскохозяйственных культур, и, прежде всего, культур требовательных или отзывчивых на ее внесение. Исследованиями установлено улучшение показателей качества продукции возделываемых культур за счет повышения накопления сахаров, белка, витаминов, пигментов и др. [1–7].

В последние годы в Республике Беларусь появились новые формы твердых гранулированных удобрений (сульфат аммония гранулированный без добавок и с добавками гуматов и микроэлементов), а также жидкие серосодержащие удобрения. Имеется техническая документация на производство жидких азотно-серосодержащих удобрений на ОАО «Гродно Азот» – КСА–21 (N–S = 21–8) и КСА–23 (N–S = 23–8), на ОАО «СветлогорскХимволокно» – АСУ₁ (N–S) = 20–4 и АСУ₂ (N–S = 12–8), которые могут выпускаться как без добавок, так и с модифицирующими добавками микроэлементов (Свежка).

В связи с вышеизложенным считаем, что исследования, направленные на разработку рациональных систем внесения серосодержащих удобрений под культуры наиболее отзывчивые (гречиха) и отзывчивые на внесение серы (картофель) с оценкой их действия урожайность и качество продукции, являются важными и имеют большое народнохозяйственное значение, это и определило цель и задачи наших исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния разных форм минеральных серосодержащих удобрений проводили в период 2018–2019 гг. при возделывании гречихи и картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных суглинках в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области. Общий размер делянки – 27 м², повторность вариантов – 4-кратная, предшественники: для гречихи – картофель (2018–2019 гг.); для картофеля – гречиха (2018–2019 гг.).

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

- с гречихой в 2018 г.: pH – 5,80; P₂O₅ – 617 мг/кг почвы; K₂O – 344; Ca – 1123; Mg – 84 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,14 %; в 2019 г.: pH – 5,80; P₂O₅ – 463 мг/кг почвы; K₂O – 232; Ca – 1062; Mg – 108 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,90 %;
- с картофелем в 2018 г.: pH – 5,89; P₂O₅ – 579 мг/кг почвы; K₂O – 373; Ca – 1482; Mg – 117 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,46 %; в 2019 г.: pH – 6,02; P₂O₅ – 516 мг/кг почвы; K₂O – 273; Ca – 1220; Mg – 107 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,81 %.

В качестве минеральных удобрений для основного внесения в почву применяли: *в базовом варианте* – стандартные туки (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 серосодержащие удобрения без добавок АСУ₁ (N–S) = 20–4 и с модифицирующими добавками микроэлементов (Свежка) – ОАО «СветлогорскХимв олокло»; сульфоаммофос марок 10–22–S(14)–CaO(14), 13–28–S(11)–CaO(6) и 16–26–S(12)–CaO(1) – ОАО «Гомельский химический завод».

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» [8]. Исследования проводили согласно существующим методикам по закладке полевых опытов [9, 10].

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) – потенциометрическим 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 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 [10].

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

В ОАО «Гастелловское» Минского района, Минской области в условиях 2018 г. во время вегетации сельскохозяйственных культур (апрель–сентябрь) гидротермический коэффициент составил 1,05, что соответствует слабозасушливому вегетационному периоду. При этом распределение атмосферных осадков по месяцам было неравномерным. Так, острый дефицит влаги растения испытывали во время роста и развития в апреле, мае и июне, когда выпадало 21,4 мм, 22,2 и 24,6 мм атмосферных осадков соответственно. Эти месяцы характеризовались как очень засушливые – ГТК = 0,40–0,64. В июле выпало наибольшее количество осадков – 171,8 мм, что выше среднегодовой нормы в 1,9 раза, и месяц характеризовался как влажный (ГТК = 2,69). В августе количество атмосферных осадков снизилось до 52,2 мм (ГТК = 0,81), что создало также дефицит влаги.

В 2019 г. ГТК с мая по сентябрь составил 1,04 (слабозасушливый). Распределение атмосферных осадков по месяцам было неравномерным: в апреле атмосферных осадков вовсе не выпадало, в мае – 48,9 мм (80,2 % от среднегодовой нормы), июне – 40,8 мм (49,8 %), июле – 65,4 мм (72,2 %), августе – 89,5 мм (107,8 %), сентябре – 17,0 мм (28,8 % от нормы).

Урожайность гречихи (сорт Купава) при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях 2018 г. была низкой, на контроле без применения удобрений составила 8,2 ц/га, в фоновом варианте ($N_{12}P_{45}K_{90}$) – 9,9 ц/га, в вариантах с полным минеральным удобрением – от 11,0 до 16,3 ц/га. Достоверное увеличение урожайности зерна гречихи к базовому варианту было получено при внесении сульфаммофоса марки 10–22–S(14)–CaO(14), сульфата аммония гранулированного с добавкой регулятора роста растений Гидрогумат и с добавкой бора и гуматов, а также сульфаммофоса марки 16–26–S(12)–CaO(1), где в качестве азотного удобрения использовали карбамид жидкий (табл. 1).

В 2019 г. была получена высокая урожайность зерна гречихи: на контроле – 18,8 ц/га, в фоновом варианте ($N_{12}P_{45}K_{90}$) – 25,0 ц/га, в вариантах с полным минеральным удобрением – от 30,4 до 38,8 ц/га, что в зависимости от варианта опыта выше в 2,1–3,1 раза по сравнению с 2018 г.

Достоверное увеличение урожайности зерна гречихи к базовому варианту было получено при использовании в качестве азотного удобрения сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами – 7,7 ц/га, сульфата аммония гранулированного с гуматами – 5,7, сульфата аммония гранулированного с бором – 3,9, сульфата аммония гранулированного в разных дозах – 2,7–2,9 ц/га. Внесение в опыте разных марок сульфаммофоса на фоне азотных и калийных удобрений также оказалось высокоэффективным, обеспечив достоверное увеличение урожайности зерна гречихи на 2,7–3,9 ц/га. Что касается использования в опыте с гречихой жидких азотно-серосодержащих удобрений, то эффективным было использование только азотно-серосодержащего удобрения с добавками микроэлементов Свежка – прибавка к базовому составила 4,0 ц/га.

Таблица 1

**Влияние серосодержащих удобрений на урожайность гречихи (ц/га)
при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве
в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области, 2018–2019 гг.**

Вариант	2018 г.	2019 г.	сред- няя за 2 года	+/- к базо- вому
Контроль без удобрений	8,2	18,8	13,5	–
N ₁₂ P ₄₅ K ₉₀ – фон	9,9	25,0	17,5	–
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (смесь стандартных удобрений с Nm гранули- рованным) – базовый	12,2	31,1	21,7	–
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (смесь стандартных удобрений с Nm жидким)	14,0	32,5	23,3	1,6
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (смесь стандартных удобрений с КАС)	11,6	32,1	21,9	0,2
<i>Сульфоаммофос</i>				
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Nm и сульфоаммофос 10–22–S(14)–CaO(14))	14,3	35,0	24,7	3,0
N ₇₀ P ₅₃ K ₁₀₅ (Nm и сульфоаммофос 10–22–S(14)– CaO(14))	11,3	33,8	22,6	0,9
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (КАС и сульфоаммофос 13–28–S(11)–CaO(6))	13,5	34,8	24,2	2,5
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Nm жидкий и сульфоаммофос 16–26–S(12)– CaO(1))	16,3	34,4	25,4	3,7
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (КАС и сульфоаммофос 16–26–S (12)– CaO(1))	12,2	34,6	23,4	1,7
<i>Сульфат аммония</i>				
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na мелкокристаллический)	12,5	31,4	22,0	0,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na гранулированный)	13,2	34,0	23,6	1,9
N ₇₀ P ₅₃ K ₁₀₅ (Na гранулированный)	11,0	33,8	22,4	0,7
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na гранулированный с гуматами)	14,4	36,8	25,6	3,9
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na гранулированный с бором)	13,5	35,0	24,3	2,6
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na гранулированный с бором и гуматами)	15,1	38,8	27,0	5,3
<i>Жидкие серосодержащие удобрения</i>				
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (АСУ ₁)	11,4	30,4	20,9	–0,8
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Свежка)	13,6	35,1	24,4	2,7
НСП ₀₅	2,04	2,69	2,39	

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

Средняя урожайность зерна гречихи за два года исследований составляла, в зависимости от вариантов опыта, от 13,5 (контроль без удобрений) до 17,5–27,0 ц/га (варианты с удобрениями). При этом следует отметить, что в вариантах со стандартными азотными удобрениями (карбамид гранулированный, сульфат аммония мелкокристаллический и КАС на фоне РК) урожайность зерна гречихи существенно не отличалась. Применяемые в опыте серосодержащие удобрения обеспечивали тенденцию или достоверное увеличение урожайности зерна гречихи на 0,3–5,3 ц/га относительно базового варианта с использованием смеси стандартных удобрений. Эффективными были варианты с внесением удобрений в дозе N₆₀P₄₅K₉₀ и сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами, с

прибавкой 5,3 ц/га, сульфата аммония гранулированного с гуматами – 3,9, сульфоаммофоса 16–26–S (12)CaO (1) на фоне карбамида жидкого – 3,7, сульфоаммофоса 10–22–S(14)–CaO(14) на фоне карбамида стандартного – 3,0, жидкого азотно-серосодержащего удобрения с микроэлементами – 2,7, сульфата аммония гранулированным с бором – 2,6 и сульфоаммофоса 13–28–S(11)CaO(6) на фоне КАС – 2,5 ц/га. Следует отметить, что повышенные дозы минеральных удобрений ($N_{70}P_{53}K_{105}$) незначительно снижали урожайность зерна гречихи по сравнению с оптимальной дозой.

Качество зерна гречихи оценивалось по массе 1000 зерен, определению качества крупы (в том числе общий выход, выровненность, ядрица, продел, коэффициент разваримости, цвет, вкус, консистенция) и содержанию основных элементов питания (табл. 2).

Масса 1000 зерен гречихи в условиях 2018 г. изменялась в пределах от 26,48 (контроль) до 26,56–28,27 г (варианты с удобрением), в 2019 г. – от 29,34 до 27,66–29,95 г, без существенных различий по данному показателю качества между вариантами опыта ($HCP_{05} = 1,812$ и $1,935$ соответственно).

Общий выход крупы в зависимости от вариантов опыта изменялся от 52,3 % на контроле до 54,0–72,0 % в вариантах с удобрениями. Применение полной дозы удобрений в опыте оказывало положительное влияние на данный показатель качества, преимущественно увеличивая общий выход крупы по отношению к контролю на 1,7–19,7 % и по отношению к фону на 2,8–16,8 %. Внесение в опыте в качестве серосодержащих удобрений сульфата аммония мелкокристаллического и гранулированного, жидкого азотно-серосодержащего удобрения без микроэлементов на фоне внесения карбамида и хлористого калия, а также сульфоаммофоса марки 13–28–S(11)–CaO(6) на фоне КАС и хлористого калия достоверно увеличивали общий выход крупы относительно базового варианта на 6,0–8,8 %. Наблюдалось также увеличение данного показателя на 6,9 % при внесении в опыте смеси стандартных удобрений с карбамидом жидким. Что касается использования в смеси со стандартными туками сульфоаммофоса марки 10–22–S(14)–CaO(14) в дозе $N_{60-70}P_{45-53}K_{90-105}$, его применение снижало общий выход крупы по отношению к базовому варианту на 5,2–9,2 %.

Показатель выровненности по вариантам опыта изменялся от 90,5 % до 98,1 %, с максимальными значениями в вариантах с внесением серосодержащих удобрений: жидкого азотно-серосодержащего удобрения с микроэлементами, сульфата аммония мелкокристаллического и гранулированного, сульфоаммофоса 16–26–S(12)–CaO(1) в дозе $N_{60}P_{45}K_{90}$, а также сульфоаммофоса 10–22–S(14)–CaO(14) в дозе $N_{70}P_{53}K_{105}$.

Применение в опыте полных доз удобрений увеличивало содержание ядрицы по сравнению с контролем на 5,6–50,8 % и на 4,2–49,4 % по отношению к фону. Внесение в опыте изучаемых серосодержащих удобрений способствовало тенденции увеличения или достоверно увеличивало содержание ядрицы относительно базового варианта на 7,2–37,2 %. Исключение составили варианты с применением сульфоаммофоса марки 10–22–S(14)–CaO(14) в дозе $N_{60-70}P_{45-53}K_{90-105}$, где наблюдалось достоверное ее снижение на 4,1–8,0 %, при $HCP = 2,53$ %. Продел в вариантах опыта находился в пределах от 4,0 до 18,6 %, коэффициент разваримости составлял – 4,5–6,0, цвет и вкус оценивался в 4–5 баллов, консистенция во всех вариантах рассыпчатая.

Таблица 2

Показатели качества крупы гречихи при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве
в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области, 2019 г.

Вариант	Общий выход крупы, %	Выво- ден- ность, %	Ядри- ца, %	Про- дел, %	Кэффи- ент разва- рности	Цвет, балл	Вкус, балл	Консистенция
Контроль без удобрений	52,3	92,8	30,5	15,4	5,5	4	4	Рассыпчатая
N ₁₂ P ₄₅ K ₉₀ – фон	55,2	96,3	31,9	17,4	5,8	4	4	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (смесь стандартных удобрений с Nm гранулирован- ным) – базовый	63,2	95,3	44,1	15,0	5,2	4	4	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (смесь стандартных удобрений с Nm жидким)	70,1	96,5	44,4	18,6	5,5	4	4	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (смесь стандартных удобрений с KAC)	70,0	96,7	62,0	4,5	5,6	4	5	Рассыпчатая
Сульфаммофос								
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Nm и сульфаммофос 10–22–S(14)–CaO(14))	58,0	93,1	40,0	12,5	6,0	4	4	Рассыпчатая
N ₇₀ P ₅₃ K ₁₀₅ (Nm и сульфаммофос 10–22–S(14)–CaO(14))	54,0	96,9	36,1	13,4	5,6	4	4	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (KAC и сульфаммофос 13–28–S(11)–CaO (6))	71,2	95,8	60,0	8,0	5,0	4	5	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Nm жидкий и сульфаммофос 16–26–S(12)–aO(1))	58,4	96,9	46,1	7,5	4,7	4	5	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (KAC и сульфаммофос 16–26–S (12)–CaO(1))	65,8	94,9	54,2	6,8	4,7	5	5	Рассыпчатая
Сульфат аммония								
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na мелкокристаллический)	72,0	97,1	54,0	12,6	4,9	4	4	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na гранулированный)	69,2	96,9	46,6	14,7	5,3	4	5	Рассыпчатая
N ₇₀ P ₅₃ K ₁₀₅ (Na гранулированный)	72,0	98,1	52,1	13,7	5,3	4	5	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na гранулированный с гуматами)	65,0	90,5	54,5	4,0	4,5	4	5	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na гранулированный с бором)	63,5	94,9	81,3	7,8	5,2	5	5	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Na гранулированный с бором и гуматами)	63,4	96,3	51,3	7,5	4,9	5	5	Рассыпчатая
Жидкие серосодержащие удобрения								
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (ACУ ₁)	70,7	95,8	58,6	4,9	4,9	4	5	Рассыпчатая
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀ (Свежка)	63,5	97,5	53,4	6,1	4,6	4	5	Рассыпчатая
НСР ₀₅	3,73	–	2,53	–	–	–	–	–

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

Содержание общего азота в годы исследований по вариантам опыта изменялось от 1,70 % (контроль) до 1,76–2,23 % (варианты с удобрениями). Внесение в опыте с гречихой удобрений обеспечивало тенденцию или достоверное увеличение содержания общего азота в зерне по сравнению с контролем на 0,06–0,53 %.

При применении разных форм серосодержащих удобрений под гречиху наблюдалось увеличение общего азота в зерне по сравнению с базовым вариантом на 0,13–0,43 %, за исключением вариантов с использованием жидких азотно-серосодержащих удобрений без добавок ($АСУ_1$) и с добавками микроэлементов (Свежка) на фоне РК. Содержание фосфора в вариантах опыта изменялось от 0,68 до 0,78 %, калия – от 0,57 до 0,70 %, кальция – от 0,02 до 0,03 % и магния – от 0,27 до 0,31 %.

Известно, что оптимальное соотношение $N_{общ.} : S_{общ.}$ в растениях составляет 17–18,5:1 (по другим данным – 15:1), более высокое соотношение азота к сере указывает на дефицит серы.

В зерне гречихи соотношение $N_{общ.} : S_{общ.}$ в вариантах опыта изменялось от 19,4 на контроле до 18,8–25,5 в вариантах с удобрениями, с преимущественной тенденцией увеличения значений в вариантах с использованием серосодержащих удобрений, и в целом свидетельствовало о дефиците серы.

Урожайность картофеля (сорт Волат) при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях 2018 г. изменялась в зависимости от варианта опыта от 303 ц/га (контроль) до 366–499 ц/га (варианты с удобрениями), (табл. 3).

Среди азотных стандартных удобрений наиболее эффективным под картофель, по сравнению с карбамидом стандартным и жидким, а также КАС, в 2018 г. оказался сульфат аммония. Применение в опыте разных форм и доз серосодержащих удобрений оказывало тенденцию или достоверное увеличение урожайности клубней картофеля по сравнению с базовым вариантом. Наиболее эффективным было внесение сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами, обеспечившее достоверную прибавку клубней в размере 105 ц/га, сульфата аммония гранулированного с бором – 81, сульфата аммония гранулированного в разных дозах – 58–94, сульфата аммония гранулированного с гуматами – 73 ц/га. Применение сульфаммофоса марок: 16–26–S(12)–CaO (1) и 13–28–S(11)–CaO(6) (на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$) увеличивало урожайность клубней картофеля на 68–69 ц/га (табл. 3).

В условиях вегетации 2019 г. была получена высокая урожайность клубней картофеля сорта Королева Анна: на контроле она составила 461 ц/га, в вариантах с РК и NPK – 585–880 ц/га и была выше в 1,5–2,0 раза (в зависимости от вариантов опыта) по сравнению с 2018 г.

Использование в опыте азотно-серосодержащих удобрений: сульфата аммония гранулированного с добавками бора, гуматов, бора и гуматов в дозе N_{90} на фоне $P_{68}K_{135}$, а также сульфата аммония гранулированного в дозе N_{120} на фоне $P_{90}K_{180}$ – было высокоэффективным, обеспечив прибавку урожайности клубней к базовому варианту на уровне 64–135 ц/га. Внесение сульфаммофоса 16–26–S (12)–CaO(1) на фоне хлористого калия и КАС обеспечило прибавку урожайности клубней в размере 84 ц/га, внесение жидкого азотно-серосодержащего удобрения с микроэлементами – 77 ц/га.

Таблица 3

**Влияние серосодержащих удобрений на урожайность картофеля (ц/га)
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в ОАО «Гастелловское»
Минского района Минской области, 2018–2019 гг.**

Вариант	2018 г.	2019 г.	Сред- няя за 2 года	+/- к базо- вому
Контроль без удобрений	303	461	382	–
N ₁₈ P ₆₈ K ₁₃₅ – фон	366	585	476	–
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (смесь стандартных удобрений с Nm гранулированным) – базовый	394	745	570	–
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (смесь стандартных удобрений с Nm жидким)	428	732	580	10
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (смесь стандартных удобрений с КАС)	403	771	587	17
<i>Сульфоаммофос</i>				
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Nm и сульфоаммофос 10–22–S(14)–CaO(14))	416	734	575	5
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ (Nm и сульфоаммофос 10–22–S(14)–CaO(14))	409	714	562	-8
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (КАС и сульфоаммофос 13–28–S(11)CaO(6))	463	746	605	35
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Nm жидкий и сульфоаммофос 16–26–S(12)–CaO(1))	433	791	612	42
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (КАС и сульфоаммофос 16-26 с S (12 %) и CaO (1 %))	462	829	646	76
<i>Сульфат аммония</i>				
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na мелкокристаллический)	433	737	585	15
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na гранулированный)	452	744	598	28
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ (Na гранулированный)	488	816	652	82
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na гранулированный с гуматами)	467	809	638	68
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na гранулированный с бором)	475	851	663	93
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na гранулированный с бором и гуматами)	499	880	690	120
<i>Жидкие серосодержащие удобрения</i>				
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (АСУ ₁)	426	750	588	18
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Свежка)	411	822	617	47
НСР ₀₅	55,7	61,1	58,5	

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

Средняя урожайность клубней картофеля за два года исследований в вариантах изменялась от 382 ц/га (контроль без удобрений) до 476–690 ц/га (варианты с удобрениями). Применяемые серосодержащие удобрения обеспечивали тенденцию или достоверное увеличение урожайности клубней на 5–120 ц/га относительно базового варианта. Эффективными были варианты с внесением удобрений в дозе N₉₀P₆₈K₁₃₅: сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами, с прибавкой 120 ц/га, сульфата аммония гранулированного с бором – 93, сульфоаммофоса 16–26–S(12)–CaO(1) – 76, сульфата аммония гранулированного с гуматами – 68, а также вариант с внесением удобрений в дозе N₁₂₀P₉₀K₁₈₀, где в качестве серосодержащего удобрения применялся сульфат аммония гранулированный – 82 ц/га (табл. 3)

Качество клубней картофеля оценивалось по товарности клубней, содержанию в них крахмала, нитратов (табл. 4) и основных элементов питания.

Таблица 4

**Показатели качества клубней картофеля при возделывании
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в ОАО «Гастелловское»
Минского района Минской области, 2018–2019 гг.**

Вариант	Товарность, %		Крахмал, %		Содержание нитратов, мг/кг сырой массы	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Контроль без удобрений	85,0	79,1	11,0	11,6	124	55
N ₁₈ P ₆₈ K ₁₃₅ – фон	86,6	87,1	10,9	11,6	83	102
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (смесь стандартных удобрений с Nm гранулированным) – базовый	86,8	89,2	10,4	11,6	135	135
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (смесь стандартных удобрений с Nm жидким)	86,5	87,4	10,9	11,5	190	97
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (смесь стандартных удобрений с КАС)	87,2	93,0	11,1	11,1	93	99
<i>Сульфоаммофос</i>						
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Nm и сульфоаммофос 10–22–S(14)–CaO(14))	86,1	89,3	10,4	11,2	181	106
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ (Nm и сульфоаммофос 10–22–S(14)–CaO(14))	89,2	91,5	10,3	11,4	128	128
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (КАС и сульфоаммофос 13–28–S(11)CaO(6))	89,1	92,3	11,2	11,1	88	122
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Nm жидкий и сульфоаммофос 16–26–S(12)–CaO(1))	88,0	92,9	10,6	11,3	117	150
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (КАС и сульфоаммофос 16-26 с S (12 %) и CaO (1 %))	90,2	90,4	10,6	11,3	97	119
<i>Сульфат аммония</i>						
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na мелкокристаллический)	86,2	96,4	10,9	11,1	129	99
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na гранулированный)	86,5	93,4	10,4	11,5	171	79
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ (Na гранулированный)	86,2	95,4	10,8	11,4	115	103
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na гранулированный с гуматами)	89,1	95,7	10,2	11,6	141	130
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na гранулированный с бором)	89,2	91,0	10,7	11,1	125	151
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Na гранулированный с бором и гуматами)	87,6	92,6	10,9	11,1	140	100
<i>Жидкие серосодержащие удобрения</i>						
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (АСУ ₁)	89,7	90,5	11,0	11,3	90	123
N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (Свежка)	89,8	95,0	10,3	11,6	143	137
НСР ₀₅	5,32	5,46	0,73	0,59	–	–

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

Товарность клубней картофеля сорта Волат (2018 г.) и сорта Королева Анна (2019 г.) в контрольном варианте составляла 85 % и 79,1 %, соответственно. Внесение минеральных удобрений способствовало тенденции увеличения то-

варности на 1,1–5,2 % (86,1–90,2 %) в 2018 г. и достоверному увеличению на 8,0–17,3 % (87,1–96,4 %) в 2019 г. Серосодержащие удобрения обеспечивали тенденцию увеличения товарности клубней в условиях 2018 г. по сравнению с базовым вариантом до 3,4 % и тенденцию или достоверное увеличение на 1,2–7,2 % в 2019 г. (табл. 4).

Содержание крахмала в вариантах опыта в условиях 2018 г. изменялось от 10,3 до 11,2 %, при содержании на контроле – 11,0 %, в фоновом варианте – 10,9, базовом варианте – 10,4 %. Применение удобрений в опыте обеспечивало преимущественную тенденцию уменьшения содержания крахмала в клубнях картофеля по отношению к контрольному варианту. Что касается использования в опыте разных форм и доз серосодержащих удобрений, то существенное влияние на содержание крахмала в клубнях по отношению к базовому варианту оказало только внесение смеси стандартных туков с КАС и сульфоаммофосом 13–28–S(11)–CaO(6) в дозе $N_{90}P_{68}K_{135}$ – увеличение на 0,8 %. В 2019 г. данный показатель качества клубней картофеля изменялся от 11,1 до 11,6 % с тенденцией преимущественного снижения крахмала от применяемых удобрений по отношению к контрольному и базовому вариантам.

Содержание нитратов в клубнях картофеля в вариантах опыта изменялось от 83 до 190 мг/кг сырой массы в 2018 г. (уборка до сентября) и от 50 до 151 мг/кг сырой массы в 2019 г. (уборка в сентябре) и не превышало уровня предельно допустимых концентраций (ПДК при ранних сроках уборки составляет 225 мг/кг сырой массы, при поздних – 150 мг/кг сырой массы) (табл. 4).

Содержание общего азота в клубнях картофеля в годы исследований составляло: на контроле – 1,04 %, в фоновом варианте – 1,02 %, в базовом варианте – 1,58 %, в вариантах с применением разных форм азотных и серосодержащих удобрений – 1,33–1,70 %. Применяемые NPK удобрения обеспечивали тенденцию или достоверное увеличение содержания общего азота в клубнях на 0,29–0,66 % по сравнению с контрольным вариантом, где они не применялись, и на 0,31–0,68 % по отношению к фону. Вместе с тем не отмечалось существенных различий в вариантах с внесением серосодержащих удобрений и базовым вариантом. Содержание фосфора в вариантах опыта находилось в пределах 0,60–0,68 %, калия – 3,19–3,80 %, кальция – 0,03–0,04 % и магния – 0,13–0,16 %.

Содержание серы в клубнях картофеля изменялось от 0,12 до 0,17 %. При этом четкой зависимости содержания серы в клубнях от вносимых форм удобрений не наблюдалось.

Соотношение азота к сере было наименьшим в контрольном варианте – 8,5, при внесении удобрений наблюдалось его увеличение до 9,0–13,9 с приближением к оптимальным значениям.

ВЫВОДЫ

Полученные экспериментальные данные на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывании гречихи и картофеля позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение серосодержащих удобрений в дозе $N_{60}P_{45}K_{90}$ обеспечивает тенденцию или достоверное увеличение урожайности зерна гречихи на 0,3–5,3 ц/га относительно базового варианта, с максимальными прибавками зер-

на от внесения: сульфата аммония гранулированного с бором и гуматами (5,3 ц/га), сульфата аммония гранулированного с гуматами (3,9 ц/га), сульфоаммофоса 16–26–S(12)–CaO(1) на фоне карбамида жидкого (3,7 ц/га), сульфоаммофоса 10–22–S(14)–CaO(14) на фоне карбамида стандартного (3,0 ц/га), жидкого азотно-серосодержащего удобрения с микроэлементами (2,7 ц/га), сульфата аммония гранулированным с бором (2,6 ц/га) и сульфоаммофоса 13–28–S(11)–CaO(6) на фоне КАС (2,5 ц/га).

2. Серосодержащие удобрения улучшали качество зерна гречихи за счет увеличения общего выхода крупы на 6,8–8,8 % и ядрицы на 7,2–37,2 % относительно базового варианта.

3. Внесение серосодержащих удобрений под картофель обеспечивало тенденцию или достоверное увеличение урожайности клубней на 5–120 ц/га с повышением товарности клубней по сравнению с применением стандартных удобрений без серы. Эффективными были удобрения в дозе $N_{90}P_{68}K_{135}$: сульфат аммония гранулированный с бором и гуматами с прибавкой 120 ц/га, сульфат аммония гранулированный с бором – 93 ц/га, сульфоаммофос 16–26–S(12)–CaO(1) – 76 ц/га, сульфат аммония гранулированный с гуматами – 68 ц/га и сульфат аммония гранулированный ($N_{120}P_{90}K_{180}$) – 82 ц/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Германович, Т. М.* Серосодержащие удобрения как фактор повышения урожайности ярового ячменя и повышения качества продукции / Т. М. Германович // Почвенные исследования и применение удобрений: межвед. тематич. сб. / Белорус. науч.-исслед. институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 1997. – Вып. 24. – С. 87–97.
2. *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-исслед. госуд. предприятие «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 1998. – 17 с.
3. *Богдевич, И. М.* Влияние серосодержащих удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. / И. М. Богдевич, Т. М. Германович // Почвоведение и агрохимия. – 1998. – Вып. 30. – С. 141–146.
4. Применение новых форм жидких азотно-серосодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.] // РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии», ОАО «Светлогорскхимволокно». – Минск: [б. и.], 2012. – 31 с.
5. *Полтораднев, М. С.* Эффективность азотного серосодержащего удобрения NS 30:7 при возделывании ярового рапса в Северной Европе / М. С. Полтораднев, Т. В. Гребенникова // Земледелие. – 2015. – № 8. – С. 37–38.
6. Вариабельность химического состава урожая яровой пшеницы в зависимости от серосодержащих удобрений и погодных условий / М. Ю. Гилязов [и др.] // Сб. науч. тр. / ФГБОУ ДПОС «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса». – Казань, 2015. – Вып. 9: Проблемы развития аграрного сектора в условиях экономических санкций, импортозамещения: вопросы стратегии и тактики. – С. 360–366.

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