

УДК 631.811.7:631.582

С. И. Новоселов, А. В. Иванова, Н. И. Толмачев, В. В. Ефремов

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола

БАЛАНС СЕРЫ В СЕВООБОРОТАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ПАРОВ

Представлены результаты исследований по балансу серы в севооборотах с различными видами паров в условиях дерново-подзолистой почвы Востока Нечерноземной зоны. Исследования проводили на базе стационарного 4-факторного полевого опыта, заложенного на опытном поле Марийского государственного университета. Установлено, что наибольшее содержание серы было в сухой массе викоовсяной смеси и составило 0,30 %. Содержание серы в зерне озимой ржи изменялось от 0,09 % до 0,11 %. В соломе озимой ржи, выращенной без применения удобрений, во всех севооборотах содержание серы было одинаковое и составляло 0,05 %. На фоне минеральных удобрений содержание серы в соломе озимой ржи в севообороте с занятым и с чистым паром увеличилось до 0,06 %, а в севообороте с сидеральным паром – до 0,07 %. Содержание серы в клубнях картофеля изменялось от 0,14 % до 0,16 %. Содержание серы в зерне ячменя изменялось от 0,13 % до 0,15 %, а в соломе ячменя – от 0,12 % до 0,16 %. В неудобряемой почве четырехпольных зернопропашных севооборотов дефицит серы составлял от 10,6 кг/га в севообороте с чистым паром до 18,2 кг/га в севообороте с занятым паром. При применении расчетных доз удобрений с ростом урожайности увеличивался вынос серы, что приводило к более отрицательному балансу. Наиболее дефицитным баланс серы был в севообороте с занятым паром при применении расчетных доз удобрений и составил –27,4 кг/га.

Ключевые слова: севооборот, чистый, занятый и сидеральный пар, урожайность сельскохозяйственных культур, минеральные удобрения, баланс серы

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и сохранение плодородия почвы является важнейшей задачей, стоящей в настоящее время перед учеными и практиками сельскохозяйственного производства. Одним из наиболее эффективных факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, свойства почвы и экономические показатели производства, является применение минеральных и органических удобрений [4; 5; 7]. Особенно значима их роль в земледелии Нечерноземной зоны. Максимальный эффект от внесения удобрений достигается тогда, когда растения обеспечены ими в достаточных количествах и в оптимальных соотношениях. С ростом урожайности сельскохозяйственных культур возрастает и вынос питательных веществ урожаем, в том числе и серы. Сера является одним из важнейших элементов питания растений. Она входит в состав белков и является непременным участником их синтеза. Недостаточное поступление серы в растения в течение вегетации служит причиной снижения урожая и качества зерна. В последние годы резко снизилось применение органических удобрений и серосодержащих минеральных удобрений. Данное обстоятельство приводит к обострению дефицита

серы в земледелии [9]. Для изучения баланса серы в севооборотах на опытном поле Марийского госуниверситета в 2010 году был заложен полевой стационарный 4-факторный опыт. В представленной работе приводятся данные за первую ротацию севооборота по двум факторам.

Целью исследований являлось изучение влияние минеральных удобрений на баланс серы в севооборотах с различными видами паров.

Методика исследований. Исследования проводили на опытном поле Марийского государственного университета в севообороте: пар (занятый, чистый и сидеральный), озимая рожь, картофель, ячмень.

Схема опыта: 1. А1В1; 2. А1В2; 3. А2В1; 4. А2В2; 5. А3В1; 6. А3В2

Фактор А – вид севооборота: А1 – с занятым паром; А2 – с чистым паром; А3 – с сидеральным паром. Фактор В – минеральные удобрения: В1 – без удобрений; В2 – расчетные дозы удобрений, на 4 т/га зерна озимой ржи ($N_{56}P_{35}K_{93}$), 20 т/га клубней картофеля ($N_{81}K_{140}$) и 3 т/га ячменя ($N_{18}K_{33}$). В опыте применяли минеральные удобрения, не содержащие серу (аммиачную селитру (34 % азота), хлористый калий (60 % K_2O), нитроаммофоску (15 % – 15 % – 15 %). В занятом

и сидеральном пару возделывали викоовсяную смесь. Зеленая масса сидерата составляла 9,8 т/га, сена – 3,0 т/га с содержанием (на сухое вещество) азота 1,8 %, фосфора 0,9 % и калия 2,1 %. Общая площадь делянки – 75 м², учетная – 52 м².

Объектами исследований были: озимая рожь сорта Татьяна; картофель сорта Удача; и ячмень сорта Владимир. Агротехника возделывания культур была рекомендованной для зоны. Почвенный покров опытного участка представлен малогумусной, дерново-среднеподзолистой, среднесуглинистой на опесчаненном бескарбонатном покровном среднем суглинке почвой. Агрохимические показатели почвы при закладке опыта были следующие: содержание гумуса 1,9 %; рН_{сол.} – 6,2; Р₂О₅ – 345 мг/кг; К₂О – 116 мг/кг; N_{лг.} – 110 мг/кг, S – 7,1 мг/кг. Учет урожая проводили в фазе полной спелости поделаячно. Содержание серы в растениях определяли колориметрическим методом [5], в осадках – турбидиметрическим методом [2]. Для расчета баланса серы в севообороте использовали справочные данные по содержанию серы в семенах [1] и ее вымыванию из почвы [8]. Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа [3].

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что эффективность минеральных удобрений и урожайности изучаемых культур в значительной степени зависели от вида севооборота (табл. 1). Наименьшая урожайность зерна озимой ржи была получена при возделывании ее по занятому пару без применения минеральных удобрений и составила 2,21 т/га. При возделывании озимой ржи по чистому пару урожайность зерна возросла до 2,52 т/га, а по сидеральному пару – до 3,00 т/га. Применение расчетных доз удобрений обеспечило значительное повышение урожайности зерна озимой ржи. При возделывании озимой ржи по чистому пару с применением минеральных удобрений урожайность составила 4,63, по занятому пару – 4,07, а по сидеральному пару 4,87 т/га.

В условиях 2012 года урожайность клубней картофеля в севообороте с чистым паром без применения удобрений составила 17,21, с занятым паром 17,67, а с сидеральным паром 19,10 т/га. При применении удобрений она возросла соответственно до 22,76, 22,88 и 23,17 т/га. Неблагоприятные погодные условия 2013 года отрицательно сказались на урожайности ячменя. В севообороте с чистым паром без применения минеральных удобрений было получено 2,04 т/га зерна, с занятым паром –

1,96 т/га, а с сидеральным паром – 1,95 т/га. При применении минеральных удобрений урожайность зерна ячменя увеличилась. При возделывании ячменя в севообороте с чистым паром она составила 2,38 т/га, в севообороте с занятым паром – 2,42 т/га и в севообороте с сидеральным паром – 12,41 т/га.

Таблица 1

Урожайность сельскохозяйственных культур, т/га

Фактор		Вико- овсяная смесь (сено), 2010 г.	Озимая рожь (зерно), 2011 г.	Карто- фель (клуб- ни), 2012 г.	Ячмень (зерно), 2013 г.
вид севообо- рота (А)	удобре- ния (В)				
С занятым паром	Без удоб- рений	3,00	2,21	17,67	1,96
	НРК	3,00	4,07	22,88	2,42
С чистым паром	Без удоб- рений	–	2,52	17,21	2,04
	НРК	–	4,63	22,76	2,38
С сиде- ральным паром	Без удоб- рений	–	3,00	19,10	1,95
	НРК	–	4,87	23,17	2,41
НСР ₀₅ т/га фактор А фактор В			0,31 0,25	1,84 1,44	F _t < F _t 0,25

Проведение химического анализа на содержание серы в растениях севооборота показало, что ее содержание в большей степени зависело от вида растений. Наибольшее содержание серы было в сухой массе викоовсяной смеси и составило 0,30 % (табл. 2).

Таблица 2

Содержание серы (S) в растениях,
% на сухое вещество

Фактор		Вико- овсяная смесь сено	Озимая рожь		Карто- фель	Ячмень	
вид севообо- рота (А)	удобре- ния (С)		зер- но	со- лома		зер- но	со- лома
С заня- тым паром	Без удоб- рений	0,30	0,09	0,05	0,14	0,14	0,15
	НРК	0,30	0,11	0,06	0,14	0,14	0,14
С чист- тым паром	Без удоб- рений	–	0,10	0,05	0,16	0,13	0,13
	НРК	–	0,10	0,06	0,14	0,15	0,16
С сиде- ральным паром	Без удоб- рений	0,30	0,10	0,05	0,13	0,15	0,12
	НРК	0,30	0,11	0,07	0,14	0,14	0,14

Содержание серы в зерне озимой ржи изменялось от 0,09 % до 0,11 %. В соломе озимой ржи, выращенной без применения удобрений, во всех севооборотах содержание серы было одинаковое и составляло 0,05 %. На фоне минеральных удобрений содержание серы в соломе озимой ржи в севообороте с занятым и с чистым паром увеличилось до 0,06 %, а в севообороте с сидеральным паром – до 0,07 %. Содержание серы в клубнях картофеля изменялось от 0,14 % до 0,16 %. Содержание серы в зерне ячменя изменялось от 0,13 % до 0,15 %, а в соломе ячменя изменялось от 0,12 % до 0,16 %.

Расчет выноса серы культурами севооборота показал, что максимальное количество серы 9,1 кг/га было вынесено клубнями картофеля в севообороте с чистым паром при применении минеральных удобрений и сухой массой викоовсяной смеси 9,0 кг/га (табл. 3).

Таблица 3

Вынос серы (S), кг/га

Фактор		Вико- овсяная смесь	Озимая рожь		Кар- то- фель	Ячмень	
вид севообо- рота (A)	удобре- ния (C)	сено	зер- но	со- лома	клуб- ни	зер- но	соло- ма
С заня- тым паром	Без удоб- рений	9,0	2,0	2,2	6,0	2,7	5,9
	НПК	9,0	4,5	4,9	8,4	3,4	6,8
С чист- тым паром	Без удоб- рений	–	2,5	2,5	7,2	2,7	5,3
	НПК	–	4,6	5,6	9,1	3,6	7,6
С сиде- ральны м паром	Без удоб- рений	–	3,0	3,0	6,9	2,9	4,7
	НПК	–	5,4	6,8	7,6	3,4	6,8

Вынос серы зерном озимой ржи, выращенной без применения минеральных удобрений в севообороте с занятым паром, составил 2,0 кг/га, с чистым паром 2,5 кг/га и с сидеральным паром 3,0 кг/га. При применении минеральных удобрений он увеличился на 2,5, 2,6 и 2,4 кг/га соответственно. Вынос серы соломой озимой ржи при этом возрос на 2,7, 3,1 и 3,8 кг/га соответственно. Клубнями картофеля при выращивании его без применения удобрений выносилось серы от 6,0 до 7,2 кг/га, а при применении удобрений с ростом урожайности клубней он возрос до 7,6–9,1 кг/га. Наименьшее количество серы 2,7 кг/га было вы-

несено зерном ячменя, выращенного без применения минеральных удобрений в севооборотах с занятым и с чистым паром. При возделывании ячменя в севообороте с сидеральным паром вынос серы зерном увеличился на 0,2 кг/га и составил 2,9 кг/га. Возделывание ячменя с применением минеральных удобрений привело к увеличению выноса серы соответственно на 0,7, 0,9 и 0,5 кг/га. Соломой ячменя выносилось серы больше, чем зерном. Это было обусловлено ее большей урожайностью. При возделывании ячменя на неудобренной почве вынос серы соломой составлял 4,7–5,9 кг/га, а при применении минеральных удобрений – 6,8–7,6 кг/га. В севообороте с занятым паром вынос серы соломой увеличился на 0,9 кг/га, с чистым паром на 2,3 кг/га и с сидеральным паром – на 2,1 кг/га.

Расчет баланса серы за ротацию севооборотов показал, что он был отрицательным (табл. 4). На удобренных фонах он составлял от –10,6 кг/га в севообороте с чистым паром до –18,2 кг/га в севообороте с занятым паром.

Таблица 4

Баланс серы за ротацию севооборота, кг/га

Фактор		Приход		Расход		Ба- ланс
вид севообо- рота (A)	удобре- ния (C)	с атмо- сферными осадками	с се- ме- нами	вы- нос с уро- жаем	выще- лачи- вание	
С заня- тым паром	Без удоб- рений	21,2	2,4	27,8	14,0	–18,2
	НПК	21,2	2,4	37,0	14,0	–27,4
С чист- тым паром	Без удоб- рений	21,2	2,4	20,2	14,0	–10,6
	НПК	21,2	2,4	30,5	14,0	–20,9
С сиде- раль- ным паром	Без удоб- рений	21,2	2,4	20,5	14,0	–10,9
	НПК	21,2	2,4	30,0	14,0	–20,4

При применении расчетных доз удобрений с ростом урожайности увеличивался вынос серы, что приводило к возрастанию ее дефицита. При этом баланс серы в севообороте с сидеральным паром составил –20,4 кг/га, с чистым паром – –20,9 кг/га, а с занятым паром – –27,4 кг/га.

Таким образом, для обеспечения бездефицитного баланса серы в почве необходимо в севооборотах применять органические и серосодержащие минеральные удобрения.

Выводы:

1. Максимальная урожайность озимой ржи 4,87 т/га и картофеля 23,17 т/га были получены при возделывании их в севообороте с сидеральным паром на фоне расчетных доз минеральных удобрений.

2. Содержание серы в растениях зависело от их биологических особенностей. Наибольшее содержание серы 0,30 % было в сухой массе викоовсяной смеси, а наименьшее – в зерне 0,09 % и соломе 0,05 % озимой ржи.

3. Максимальное количество серы 9,1 кг/га было вынесено клубнями картофеля в севообороте с чистым паром при применении минеральных удобрений и сухой массой викоовсяной смеси 9,0 кг/га.

4. Баланс серы в севооборотах был отрицательным. На неудобренных фонах он составлял от –10,6 кг/га в севообороте с чистым паром до –18,2 кг/га в севообороте с занятым паром. При применении расчетных доз удобрений с ростом урожайности увеличивался вынос серы, что приводило к возрастанию ее дефицита. Наиболее дефицитным баланс серы был в севообороте с занятым паром при применении расчетных доз удобрений и составил –27,4 кг/га.

5. Для обеспечения бездефицитного баланса серы в почве необходимо в севооборотах применять органические и серосодержащие минеральные удобрения.



1. Аристархов А. Н. Агрохимия серы. М.: ВНИИА, 2007. 272 с.
2. ГОСТ 4389-72 Методы определения содержания сульфатов.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.
4. Мерзлая Г. Е., Еськов А. И., Тарасов С. И. Действие и последствие систем удобрения с использованием навоза // Плодородие. 2011. № 3. С. 16–19.
5. Методические указания по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 8 с.
6. Новоселов С. И. Пути сохранения плодородия почв и повышения продуктивности агроценозов в земледелии Нечерноземья // Плодородие. 2011. № 2. С. 34–36.
7. Новоселов С. И., Хлебников И. Г., Горохов С. А. Эффективность минеральных удобрений в севооборотах с различными видами паров // Плодородие. 2011. № 5. С. 21–22.
8. Рекомендации по применению серных удобрений в Марийской АССР. г. Йошкар-Ола, 1977. 20 с.
9. Сулейманов И. Р. Агрохимическая оценка эффективности применения серосодержащих удобрений на серой лесной почве Предволжья Республики Татарстан: дис... канд. с-х. наук. Казань, 2011. 247 с.

Статья поступила в редакцию 19.12.2015 г.

Для цитирования: Новоселов С. И., Иванова А. В., Толмачев Н. И., Ефремов В. В. Баланс серы в севооборотах с различными видами паров // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2016. № 1 (5). С. 39–43.

Об авторах

Новоселов Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, atf@marsu.ru

Иванова Анастасия Вячеславовна, аспирант, Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, atf@marsu.ru

Толмачев Николай Иванович, преподаватель, Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, atf@marsu.ru

Ефремов Василий Викторович, магистр, Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, atf@marsu.ru

S. I. Novoselov, A. V. Ivanova, N. I. Tolmachev, V. V. Efremov

Mari State University, Yoshkar-Ola

SULFUR BALANCE IN CROP ROTATIONS WITH DIFFERENT TYPES OF VAPORS

The article presents the results of research on the sulfur balance in crop rotations with different types of vapor in the conditions of the cespitose and podsolic soil of the East of the Non-Chernozem region. The studies were conducted on the basis of steady 4-factorial field experience, pledged at the experimental field of the Mari State University. It is found that the maximum sulfur content was in a dry weight of vetch and oats mixture and has made 0,30 %. The sulfur content in the grain of winter rye changed from 0,09 % to 0,11 %. The winter rye straw grown without the use of fertilizers in all crop rotations the sulfur content was the same and amounted to 0,05 %. After applying the fertilizers, the sulfur content in the straw of winter rye in the rotation with the net vapor and cropped fallow increased to 0,06 %, and in rotation with sideration vapor – to 0,07 %. The sulfur content in potato tubers has changed from 0,14 % to 0,16 %. The sulfur content in barley grain changed from 0,13 % to 0,15 %, in barley straw was varied from 0,12 % to 0,16 %. In the not fertilized soil of 4-field grain-row rotations, the sulfur deficiency ranged from 10,6 kg/ha in crop rotations with net vapor, and to 18,2 kg/ha – in crop rotations with cropped fallow. The use of settlement doses of fertilizers with growth of productivity increases removal of sulfur that leads to a negative balance. The balance of the sulfur was the most scarce in a crop rotation with cropped fallow at application of settlement doses of fertilizers and amounted to –27,4 kg/ha.

Keywords: crop rotation, net vapor, cropped fallow, sideration vapor, crop yields, fertilizers, sulfur balance



1. Aristarhov A. N. Agrohimiya sery. M.: VNIIA, 2007. 272 p.
2. GOST 4389-72 Metody opredeleniya sodержaniya sul'fatov.
3. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985, 351 p.
4. Merzlaja G. E., Es'kov A. I., Tarasov S. I. Dejstvie i posledejstvie sistem udobrenija s ispol'zovaniem navoza. *Plodorodie*. 2011, no. 3, pp. 16–19.
5. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju sery v rastenijah i kormah rastitel'nogo proishozhdenija. M.: FGNU «Rosin-formagroteh», 2004, 8 p.

6. Novoselov S. I. Puti sohraneniya plodorodija pochv i povysheniya produktivnosti agrocenozov v zemledelii Nechernozem'ja. *Plodorodie*. 2011, no. 2, pp. 34–36.

7. Novoselov S. I., Hlebnikov I. G., Gorohov S. A. Jeffektivnost' mineral'nyh udobrenij v sevooborotah s razlichnymi vidami parvo. *Plodorodie*. 2011, no. 5, pp. 21–22.

8. Rekomendacii po primeneniju sernyh udobrenij v Marijskoj ASSR. g. Yoshkar-Ola, 1977, 20 p.

9. Sulejmanov I. R. Agrohimicheskaja ocenka jeffektivnosti primenenija serosoderzhashih udobrenij na seroj lesnoj pochve Predvolzh'ja Respubliki Tatarstan: dis... kand. s-h. nauk. Kazan', 2011, 247 p.

Submitted 19.12.2015.

Citation for an article: Novoselov S. I., Ivanova A. V., Tolmachev N. I., Efremov V. V. Sulfur balance in crop rotations with different types of vapors. *Vestnik of Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*. 2016, no. 1 (5), pp. 39–43.

About the authors

Novoselov Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Mari State University, Yoshkar-Ola, atf@marsu.ru

Ivanova Anastasiya Vyacheslavovna, postgraduate student, Mari State University, Yoshkar-Ola, atf@marsu.ru

Tolmachev Nikolai Ivanovich, lecturer, Mari State University, Yoshkar-Ola, atf@marsu.ru

Efremov Vasily Viktorovich, master, Mari State University, Yoshkar-Ola, atf@marsu.ru