

Евгений Иванович Волошин

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры общего земледелия и защиты растений, доктор сельскохозяйственных наук, Россия, Красноярск

E-mail: ev.voloshin@yandex.ru

Александр Петрович Сергеев

Государственная станция агрохимической службы «Минусинская», директор, Россия, Красноярский край, Минусинск

E-mail: agrohim_24_2@mail.ru

Екатерина Владимировна Юферова

Государственная станция агрохимической службы «Минусинская», заведующая лабораторией агрохимического мониторинга, Россия, Красноярский край, Минусинск

E-mail: agrohim_24_2@mail.ru

СЕРА В ПОЧВАХ МИНУСИНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В Минусинской лесостепной зоне Красноярского края биогеохимические особенности поведения подвижной серы в почвах изменяются в зависимости от направленности и интенсивности почвообразовательного процесса, водного режима территории, вида растительности и хозяйственной деятельности человека. В почвах сельскохозяйственных угодий содержание серы подвержено большим колебаниям. Изменения в концентрации серы обусловлены большой пестротой в плодородии почв, неодинаковыми условиями их почвообразования и разным содержанием элемента в составе почвообразующих пород. В лесостепной зоне преобладают почвы с низким (88,8 %) и средним (9,6 %) содержанием подвижной серы. Различия в содержании серы в черноземах, серых лесных и среднетерновом оподзоленной почвах связаны с их неодинаковыми агрофизическими и агрохимическими свойствами и разной технологией выращивания сельскохозяйственных культур. Общей закономерностью для разных типов и подтипов почв является более высокое содержание серы в гумусовом горизонте и ее уменьшение в профиле почв. В 2016 г. по сравнению с 1999 г. содержание серы в 0–20 см слое уменьшилось в 1,1–23,3 раза. Основными причинами уменьшения серы в почвах является высокий вынос элемента урожаями сельскохозяйственных культур и низкий уровень применения органических и серосодержащих минеральных удобрений. Вносимые дозы навоза (0,54–0,64 т/га) и минеральных удобрений (8,6–14,6 кг/га д.в.) не компенсируют отчуждение серы с урожаями сельскохозяйственных культур. В агроценозах природной зоны за 2007–2016 гг. отмечается отрицательный баланс серы (9,65 кг/га). Дефицит подвижной серы в почвах приводит к уменьшению ее поступления в растения, снижению урожая и ухудшению качества растениеводческой продукции. Для улучшения серного питания сельскохозяйственных культур необходимо в земледелии увеличить дозы внесения органических и серосодержащих минеральных удобрений. Оптимизация серного питания растений с учетом агрохимических свойств зональных почв повысит эффективность макро- и микроудобрений и увеличит продуктивность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: почва, сера, содержание, дефицит, удобрения, качество продукции, оптимизация, баланс, Минусинская лесостепь.

Evgeny I. Voloshin

Krasnoyarsk State Agrarian University, professor of the chair of general agriculture and plants protection, doctor of agricultural sciences, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: ev.voloshin@yandex.ru

Alexander P. Sergeev

State Station of Agrochemical Service "Minusinskaya", director, Russia, Krasnoyarsk Region, Minusinsk

E-mail: agrohim_24_2@mail.ru

Ekaterina V. Yuferova

State Station of Agrochemical Service "Minusinskaya", head of the laboratory of agrochemical monitoring, Russia, Krasnoyarsk Region, Minusinsk

E-mail: agrohim_24_2@mail.ru

SULFUR IN THE SOILS OF THE MINUSINSK FOREST-STEPPE OF KRASNOYARSK REGION

In Minusinsk forest-steppe zone of Krasnoyarsk Region biogeochemical features of behavior of mobile sulfur in soils change depending on the orientation and intensity of soil-developing process, the water mode of the territory, the type of vegetation and economic activity of the man. In the soils of agricultural grounds the content of sulfur is subject to big fluctuations. The changes in the concentration of sulfur are caused by high diversity in the fertility of soils, unequal conditions of their soil formation and different maintenance of the element as a part of soil-making rocks. In a forest-steppe zone soils with low (88.8 %) and an average (9.6 %) the content of mobile sulfur prevails. The distinctions in the content of sulfur in chernozems, gray forest and medium sod-podzolic soil soils are connected with their unequal agrophysical and agrochemical properties and different technology of cultivation of crops. General regularity for different types and subtypes of soils is higher content of sulfur in the humic horizon and its reduction in a profile of soils. In 2016 in comparison with 1999 the content of sulfur in 0–20 cm layer decreased by 1.1–23.3 times. High removing of the element and low level of use of organic and sulfur-containing mineral fertilizers by the yield of crops are the main reasons for reduction of sulfur in soils. The brought manure doses (0.54–0.64 t/hectare) and mineral fertilizers (8.6–14.6 kg/hectare of a.m.) do not compensate the alienation of sulfur with the yield of crops. In agrocenosis of natural zone in 2007–2016 negative balance of sulfur (9.65 kg/hectare) is noted. The deficiency of mobile sulfur in soils leads to the reduction of its receipt in plants, the decrease in crops and deterioration of crop production. For the improvement of sulfuric food of crops it is necessary to increase the doses of introduction of organic and sulfur-containing mineral fertilizers in agriculture. The optimization of sulfuric plants nutrition taking into account agrochemical properties of zone soils will increase efficiency macro- and microfertilizers and will increase the efficiency of crops.

Keywords: soil, sulfur, content, deficiency, fertilizers, quality of production, optimization, balance, Minusinsk forest-steppe.

Введение. Сера является необходимым и незаменимым элементом в питании растений. По своему физиологическому значению для растений сера находится в одном ряду с азотом, фосфором и калием. Она участвует в метаболизме растений, усиливает их рост, развитие, фотосинтез и интенсивность дыхания. Этот элемент входит в состав белков, аминокислот, витаминов, поддерживает уровень окислительно-восстановительного потенциала клеток и способствует мобилизации питательных веществ почвы. Под влиянием серы повышается устойчивость растений к повышенным и пониженным температурам, засухе и улучшается фитосанитарное состояние агроценозов. При недостатке серы в почве в растениях задерживается синтез белков и аминокислот, а у бобовых культур снижается интенсивность фиксации азота из атмосферы. Сера относится к трудно реутилизируемым элементам в растениях, ее недостаток или избыток в первую очередь проявляется на молодых листьях, побегах в начальный период роста. Недостаток серы чаще всего встречается у растений семейства крестоцветных, бобовых, пасленовых

и других культур. Различия в содержании и потреблении серы обусловлены биологическими особенностями растений, стадией их развития, содержанием элемента в почвах и атмосфере. На содержание серы влияет уровень азотного питания растений [1]. При внесении повышенных доз азотных удобрений наблюдается дефицит этого элемента в растениях. Оптимизация питания растений серой повышает эффективность использования макро- и микроудобрений и улучшает качественные показатели растениеводческой продукции [2].

Главным источником серы в почвах являются почвообразующие породы, атмосфера и серо-содержащие минеральные удобрения. В почвах 80–90 % серы присутствует в органической форме и 10–20 % в минеральной. В процессе почвообразования сера накапливается в верхних горизонтах почв в форме органических соединений. В результате микробиологических процессов сера окисляется до подвижной (сульфатной) формы и используется для питания растений. Содержание подвижной серы в структуре почвенного покрова изменяется в зависимости от уровня

плодородия почв. Наибольшее количество серы содержится в высокогумусированных почвах тяжелого гранулометрического состава и наименьшее в песчаных. В связи с недостаточным уровнем химизации земледелия во многих регионах страны в почвах сельскохозяйственных угодий отмечается дефицит серы [1–4]. В Красноярском крае особенности содержания серы в пахотных почвах подробно изучены не во всех природных зонах региона [5]. Недостаточная изученность этой проблемы в южной земледельческой части края оставляет нереализованными потенциальные возможности минеральных удобрений в повышении урожаев и улучшении качества растениеводческой продукции.

Цель исследований: агрохимическая оценка содержания серы в почвах сельскохозяйственных угодий Минусинской лесостепной зоны Красноярского края.

Объекты и методы исследований. Минусинская лесостепная зона расположена в южной части территории Красноярского края. Климат природной зоны характеризуется резкой континентальностью. Среднегодовое количество осадков в лесостепи колеблется от 330 до 460 мм. Основная часть осадков выпадает в летний период, их количество является лимитирующим фактором в формировании урожая сельскохозяйственных культур. Среднегодовая температура равна 0 °С, сумма активных температур изменяется от 1740 до 2039 °С.

В структуре почвенного покрова сельскохозяйственных угодий черноземы занимают 44,7 %; серые лесные – 21,6; луговые – 7,3 и интразональные почвы – 26,4 %. Среди пахотных угодий преобладают черноземы – 89,7 %, серые лесные составляют 4,5 %, луговые и пойменные – 5,3 % [6]. Почвы имеют среднесуглинистый (59,5 %) и легкосуглинистый (10,3 %) гранулометрический состав, глинистые и тяжелосуглинистые встречаются на площади 29,4 %. Содержание гумуса в 0–20 см слое пахотных почв по районам лесостепи колеблется от 3,9 до 8,1 % при среднем значении 6,1 %. Характерными особенностями зональных почв являются значительная комплексность пашни, укороченность аккумулятивного горизонта, пониженная степень их оподзоленности и нейтральная реакция среды. Разнообразие природных условий в Минусинской лесостепной зоне оказало существенное влияние на направленность и интенсивность почвообразовательных процессов, плодородие почв, содержание и распределение в них различных химических элементов.

Агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий на содержание серы, анализ растений и расчет ее баланса в земледелии природной зоны проводили в соответствии с рекомендованными методическими указания-

ми [2, 7, 8]. Исследования на реперных участках локального мониторинга осуществляли согласно методическим указаниям ЦИНАО [9]. Реперный участок с координатами представляет часть поля площадью от 4 до 10 га, типичной для Минусинской лесостепной зоны. Он отражает преобладающий почвенный покров, историю землепользования, интенсивность и характер применения средств химизации, проведение различных мелиоративных мероприятий. Часть поля разбивается на равные четыре элементарных участка независимо от их площади. Отбор почвенных образцов проводили осенью после учета урожая культур. На каждом реперном участке закладывали четыре скважины, по одной в центре каждого элементарного участка. В каждой скважине буром отбирали по 5 индивидуальных проб через каждые 20 см. Индивидуальные пробы из 4 скважин смешивали по слоям и получали 5 объединенных проб, в которых определяли содержание подвижной серы. Подвижную серу извлекали из почвы раствором хлористого калия (ГОСТ 26490-85). При расчете баланса серы использовали данные Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю по применению удобрений и урожайности сельскохозяйственных культур за 2007–2016 гг.

Результаты исследований и их обсуждение. Содержание серы в агроценозах является одним из важнейших показателей плодородия почв. В региональных условиях на содержание и распределение серы в структуре почвенного покрова большое влияние оказывают географические и геохимические условия формирования почв. В Минусинской лесостепной зоне края биогеохимические особенности поведения серы в почвах существенно изменяются в зависимости от направленности и интенсивности почвообразовательного процесса, водного режима территории, вида растительности и хозяйственной деятельности человека. Результаты агрохимического картографирования почв показывают, что содержание серы в почвах сельскохозяйственных угодий подвержено большим колебаниям (табл. 1). Изменения в содержании подвижной серы связаны с большой пестротой в плодородии зональных почв, неодинаковыми условиями их почвообразования, разной концентрацией элемента в составе почвообразующих пород и особенностями использования сельскохозяйственных земель. По данным агрохимического обследования, в Минусинской лесостепи преобладают почвы с низким (88,8 %) и средним (9,6 %) содержанием подвижной серы. Среднее содержание подвижной серы на обследованной площади составляет 2,8 мг/кг при колебаниях по районам от 1,3 до 4,6 мг/кг.

**Содержание подвижной серы в 0–20 см слое почв сельскохозяйственных угодий
Минусинской лесостепной зоны, мг/кг**

Район	Сельско-хозяйственные угодия	Площадь, тыс. га	Сера			Средне-взвешенное
			низкое (<6,0)	среднее (6,0-12,0)	высокое (>12,0)	
Ермаковский	Пашня	33,04	32,22	0,82	–	1,4
	Сенокосы	1,03	1,03	–	–	1,0
	Пастбища	3,89	3,89	–	–	0,9
	Всего	37,96	37,14	0,82	–	1,3
Идринский	Пашня	48,45	44,42	4,03	–	2,9
	Сенокосы	1,54	0,96	0,58	–	3,8
	Пастбища	21,35	19,08	1,70	0,57	3,2
	Залежь	9,98	9,25	0,63	0,09	2,9
	Всего	81,32	73,72	6,94	0,66	2,6
Каратузский	Пашня	65,35	56,75	7,75	0,85	2,8
	Сенокосы	4,78	4,32	0,03	0,43	3,5
	Пастбища	20,00	16,31	3,18	0,51	2,4
	Всего	90,13	77,38	10,96	1,79	2,7
Краснотуранский	Пашня	100,21	83,00	14,50	2,71	3,6
	Сенокосы	0,99	0,19	0,67	0,13	8,6
	Пастбища	0,54	0,04	0,22	0,28	11,0
	Всего	101,74	83,23	15,39	3,12	3,7
Курагинский	Пашня	81,68	73,64	7,01	1,03	3,1
	Сенокосы	0,12	0,12	–	–	4,1
	Пастбища	0,10	0,10	–	–	1,4
	Всего	81,90	73,86	7,01	1,03	3,1
Минусинский	Пашня	118,63	113,65	1,43	0,55	1,3
	Сенокосы	2,43	2,14	0,19	0,10	2,9
	Пастбища	25,61	24,57	0,90	0,14	1,7
	Многолетние насаждения	0,11	0,11	–	–	1,4
	Всего	146,78	140,47	5,52	0,79	1,4
Шушенский	Пашня	49,60	40,43	8,48	0,78	4,5
	Сенокосы	2,56	2,23	0,33	–	3,5
	Пастбища	14,13	10,15	2,85	1,12	5,3
	Всего	66,29	52,72	11,67	1,90	4,6
По зоне	Пашня	496,97	444,03	47,03	5,92	2,7
	Сенокосы	13,45	11,00	1,79	0,66	2,8
	Пастбища	85,62	74,14	8,86	2,61	2,9
	Залежь	9,98	9,25	0,64	0,10	2,9
	Многолетние насаждения	0,11	0,11	–	–	1,4
Всего		606,14	538,53	58,32	9,29	2,8

На реперных участках локального мониторинга зональные почвы также характеризуются неодинаковым содержанием подвижной серы (табл. 2). Различия в содержании серы в верхнем горизонте черноземов, серых лесных и среднетеррасной оподзоленной почвы обусловлены их неодинаковым плодородием, погодными условиями, структурой посевов, разным уровнем применения удобрений. В 1999 г. содержание серы в 0–20 см слое почв колебалось от 4,5 до 17,4 мг/кг, а в 2016 г. находилось в интервале 0,3–9,9 мг/кг. В среднем

за 17-летний период наблюдений концентрация серы в 0–20 см слое почв реперных участков снизилась в 2,3 раза. Основными причинами уменьшения содержания серы в почвах является высокий вынос элемента урожаями сельскохозяйственных культур и низкий уровень применения серосодержащих минеральных и органических удобрений. В большинстве хозяйств увеличение в ассортименте минеральных удобрений доли высококонцентрированных комплексных туков привело к снижению поступления серы в почву.

Таблица 2

Содержание серы в 0–20 см слое почв реперных участков, мг/кг

Номер РУ	Административный район	Тип, подтип почвы	Год обслуживания	
			1999	2016
4	Ермаковский	Светло-серая лесная	11,5	4,2
14	Ермаковский	Среднетеррасная оподзоленная	7,0	0,3
7	Идринский	Чернозем выщелоченный	6,0	5,6
19	Каратузский	Светло-серая лесная	5,5	0,9
5	Краснотуранский	Чернозем выщелоченный	10,5	5,6
10	Краснотуранский	Чернозем обыкновенный	17,4	8,6
8	Курагинский	Серая лесная	17,4	1,8
13	Курагинский	Чернозем выщелоченный	10,5	5,5
1	Минусинский	Чернозем обыкновенный	11,5	4,2
11	Минусинский	Чернозем выщелоченный	9,0	4,6
12	Минусинский	Чернозем обыкновенный	10,5	4,8
3	Шушенский	Чернозем выщелоченный	13,0	9,9
17	Шушенский	Чернозем обыкновенный	4,5	3,2

Исследуемые почвы реперных участков различаются по содержанию и профильному распределению подвижной серы (табл. 3, 4). Превращение серы в почвах во многом сходно с превращением азота, которое носит сезонный характер и зависит от температуры и влажности почвы. Общей закономерностью для всех типов и подтипов почв является более высокое содержание серы в гумусовом горизонте. Вниз по почвенному профилю содержание подвижной серы уменьшается. В 2016 г. в сравнении с 1999 г. содержание серы в профиле почв сократилось в 2,3–6,2 раза. На реперных участках в 0–20 см слое черноземов выщелоченных установлена достоверная корреляция между содержанием подвижной серы и гумуса ($r=0,67$) и физической глиной ($r=0,53$); в черноземах обыкновенных с гумусом ($r=0,75$), серых лесных с рН ($r=0,74$) и ее отсутствие в профиле разных почв.

В хозяйствах Минусинской лесостепной зоны применяют неодинаковое количество удобрений. Вносимые дозы минеральных удобрений

(8,6–14,6 кг/д.в.) и навоза (0,58–0,64 т/га) не компенсируют отчуждение серы с урожаями сельскохозяйственных культур. Питание растений серой происходит за счет мобилизации ресурсов потенциального и эффективного плодородия почв. В агроценозах содержание серы в растениях в разные годы было подвержено большим колебаниям. Это вызвано сезонными колебаниями этого элемента в почвах, их биологическими особенностями и изменяющимися в них потребностями растений. Средний вынос серы с урожаем основной и побочной продукции (кг/ц) составляет: зерновые и зернобобовые – 0,30; картофель – 0,08; овощи – 0,08; кормовые корнеплоды – 0,14; кукуруза на силос – 0,20; кормовые травы – зеленая масса – 0,16, сено – 0,28. Частые почвенные и воздушные засухи в весенний и летний периоды оказывают большое влияние на водный и температурный режим почв, величину в них окислительно-восстановительного потенциала и содержание серы в сельскохозяйственных растениях.

Профильное распределение подвижной серы в черноземах, мг/кг

Номер РУ	Тип, подтип почв	Глубина отбора образца, см	Гумус, %	pH _{KCl}	Физическая глина, %	Год обследования	
						1999	2016
7	Чернозем выщелоченный	0–20	6,0	7,0	47,6	6,0	5,6
		20–40	5,8	7,0	48,9	7,0	4,8
		40–60	4,6	7,3	45,8	5,0	3,5
		60–80	4,2	7,6	44,4	4,5	2,8
		80–100	2,3	7,7	40,5	5,0	3,1
5	Чернозем выщелоченный	0–20	3,7	6,4	36,9	10,5	5,6
		20–40	3,7	6,8	40,3	7,0	4,1
		40–60	1,4	7,6	38,7	4,7	3,5
		60–80	1,4	7,7	35,4	6,5	4,0
		80–100	1,1	7,9	33,1	6,5	4,0
10	Чернозем обыкновенный	0–20	6,0	7,0	37,9	17,4	8,6
		20–40	4,8	7,2	27,0	16,9	8,9
		40–60	1,1	7,5	39,3	13,0	5,1
		60–80	1,1	7,7	37,3	8,5	5,1
		80–100	1,1	7,9	34,7	7,0	5,0
13	Чернозем выщелоченный	0–20	10,1	6,1	37,4	10,5	5,5
		20–40	10,4	5,8	39,3	8,5	7,6
		40–60	3,7	6,1	43,5	7,0	6,1
		60–80	1,2	6,8	35,6	5,5	2,8
		80–100	0,9	7,1	33,1	6,0	2,9
1	Чернозем обыкновенный	0–20	2,3	7,2	23,3	11,5	4,2
		20–40	2,3	7,4	26,2	10,0	4,1
		40–60	1,2	7,7	35,1	7,5	4,1
		60–80	1,1	8,0	32,5	7,0	3,0
		80–100	1,1	8,3	24,5	2,5	1,6
11	Чернозем выщелоченный	0–20	3,4	5,5	33,9	9,0	4,6
		20–40	1,7	6,0	32,6	7,5	6,8
		40–60	2,0	7,0	27,2	6,0	2,5
		60–80	1,0	7,4	32,9	4,0	2,0
		80–100	0,7	7,6	29,3	4,0	3,0
12	Чернозем обыкновенный	0–20	3,3	6,8	32,8	10,5	4,8
		20–40	2,4	7,0	32,1	12,0	1,3
		40–60	1,1	7,4	37,2	11,0	1,1
		60–80	0,7	7,6	37,2	7,0	3,0
		80–100	0,6	7,8	28,4	4,0	3,0
3	Чернозем выщелоченный	0–20	5,6	6,6	35,6	13,0	2,9
		20–40	3,7	6,8	34,1	13,4	2,4
		40–60	1,1	7,2	21,9	9,0	1,5
		60–80	1,1	7,4	22,8	7,0	1,4
		80–100	1,1	7,5	22,5	5,0	1,5
17	Чернозем обыкновенный	0–20	2,1	7,1	21,3	4,5	3,2
		20–40	1,6	7,4	25,9	4,0	2,7
		40–60	0,9	7,5	21,5	4,5	2,3
		60–80	0,9	7,7	19,2	6,0	2,2
		80–100	0,9	7,8	23,2	3,5	2,0

Таблица 4

Профильное распределение подвижной серы в серых лесных и среднедерновой оподзоленной почве, мг/кг

Номер РУ	Тип, подтип почвы	Глубина отбора образца, см	Гумус, %	рН kcl	Физическая глина, %	Год обследования	
						1999	2016
4	Светло-серая лесная	0-20	2,3	5,4	43,5	9,5	2,7
		20-40	2,3	5,5	43,4	11,0	2,6
		40-60	1,2	5,9	37,6	7,5	4,0
		60-80	1,1	6,0	24,9	7,5	2,9
		80-100	1,1	6,4	35,1	7,0	2,0
19	Светло-серая лесная	0-20	2,3	5,3	34,8	5,5	0,9
		20-40	2,1	5,4	35,4	5,0	1,1
		40-60	0,5	5,7	30,6	4,0	0,1
		60-80	0,5	5,9	24,9	3,0	0,2
		80-100	0,5	5,9	23,4	4,0	0,4
8	Серая лесная	0-20	4,4	7,1	41,4	17,4	1,8
		20-40	1,1	5,2	41,6	10,0	5,5
		40-60	1,1	5,3	33,1	6,5	1,0
		60-80	1,1	6,4	24,2	6,0	5,5
		80-100	1,1	5,5	19,3	5,0	4,4
14	Среднедерновая оподзоленная	0-20	4,4	5,1	36,8	7,0	0,3
		20-40	3,3	5,2	37,9	6,0	0,2
		40-60	2,7	5,2	39,6	5,0	1,5
		60-80	1,1	5,2	33,9	5,0	0,1
		80-100	1,1	5,9	32,9	4,0	-

Хозяйственный баланс серы в земледелии Минусинской лесостепной зоны отрицательный (табл. 5). Отрицательные показатели баланса серы обуславливают низкое поступление элемента в растения. Одностороннее внесение в большинстве хозяйств азотных и комплексных удобрений увеличивает вынос серы урожаями сельскохозяйственных культур и усиливает ее дефицит в зональных почвах. Основными причинами дефицита серы в агроценозах являются недостаточное природное содержание элемента в почвах, высокий вынос урожаями культур, низкий уровень применения серосодержащих минеральных и органических удобрений, уменьшение

поступления из атмосферы из-за сокращения промышленного производства. Недостаток серы в почвах отражается на величине урожайности культур и способствует ухудшению качества растениеводческой продукции. Для улучшения серного питания сельскохозяйственных культур необходимо увеличить дозы серосодержащих минеральных и органических удобрений. Оптимизация серного питания полевых культур с учетом агрохимических свойств зональных почв повысит эффективность применения азотных, фосфорных, калийных и микроудобрений и увеличит продуктивность растений.

Таблица 5

Среднегодовой баланс серы в пахотных почвах Минусинской лесостепной зоны, кг/га

Годы	Приход				Расход	Баланс (+,-)
	Удобрения		Атмосферные осадки	С семенами		
	минеральные	органические			Вынос с урожаями культур	
2007–2011	0,64	0,34	3,00	1,70	15,32	-9,64
2012–2016	1,20	0,40	2,80	1,72	15,60	-9,48

Заключение. Пространственное содержание подвижной серы в почвах сельскохозяйственных угодий Минусинской лесостепной зоны Красноярского края находится в зависимости от уровня плодородия почв, условий почвообразования, концентрации элемента в почвообразующих породах и особенностей использования в земледелии земель. В лесостепной зоне преобладают почвы с низким (88,8 %) и средним (9,6 %) содержанием подвижной серы. Среднее содержание подвижной серы в почвах на площади 606,14 тыс. га равняется 2,8 мг/кг. Различия в содержании подвижной серы в черноземах, серых лесных и среднедерновой оподзоленной почвах реперных участков локального мониторинга связаны с их неодинаковым плодородием, погодными условиями, структурой посевов и уровнем применения удобрений. Общей закономерностью для почв является более высокое содержание серы в гумусовом горизонте и ее уменьшение в профиле. В 2016 г. по сравнению с 1999 г. содержание подвижной серы в 0–20 см слое и профиле почв снизилось в 2,3–6,2 раза. Основными причинами уменьшения содержания серы в почвах является ее высокий вынос урожаями сельскохозяйственных культур и низкий уровень применения серосодержащих минеральных и органических удобрений. В агроценозах природной зоны отмечается отрицательный баланс серы (9,65 кг/га). Для улучшения серного питания растений необходимо увеличить дозы внесения серосодержащих удобрений. Оптимизация серного питания растений с учетом агрохимических свойств почв повысит продуктивность выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Лукин С.М., Жуйков Д.В. Мониторинг содержания серы в почвах, растениях и органических удобрениях // Земледелие. 2019. № 2. С. 10–12.
2. Аристархов А.Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 5. С. 39–47.
3. Куликова А.Х., Дозорова А.В., Черкасов Е.А. [и др.]. Содержание серы в почвах Ульяновской области, урожайность яровой пшеницы

и баланс питания в черноземе выщелоченном при применении серосодержащих удобрений // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 3. С. 51–54.

4. Новоселов С.И., Иванова А.В., Толмачев Н.И. [и др.]. Влияние минеральных удобрений на баланс серы в севооборотах с различными видами паров // Агрохимия. 2016. № 6. С. 6–19.
5. Патрина М.С. Обеспеченность подвижной серой основных типов пахотных почв Красноярского края и действие серосодержащих удобрений на продуктивность и качество урожая яровой пшеницы: автореф. ... дис. канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2013. 15 с.
6. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2002. 332 с.
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. М.: Росинформагротех, 2003. 240 с.
8. Прижукова В.Г., Шаймухаметова А.А., Тюхова М.В. Методические указания по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения. М.: Росинформагротех, 2004. 8 с.
9. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках / под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Изд-во ЦИНАО, 1996. 16 с.

Literatura

1. Lukin S.M., Zhujkov D.V. Monitoring sodержaniya sery` v pochvah, rasteniyah i organicheskikh udobreniyah // Zemledelie. 2019. № 2. S. 10–12.
2. Aristarhov A.N. Sera v agroekosistemah Rossii: monitoring sodержaniya v pochvah i effektivnost` ee primeneniya // Mezhdunarodny` sel'skohozyajstvenny` zhurnal. 2016. № 5. S. 39–47.
3. Kulikova A.H., Dozorova A.V., Cherkasov E.A. [i dr.]. Soderzhanie sery` v pochvah Ul'yanovskoj oblasti, urozhajnost` yarovoj pshenicy` i balans pitaniya v chernozeme vy`schelochennom pri primenenii serosoderzhaschih udobrenij //

- Mezhdunarodny`j sel'skohozyajstvenny`j zhurnal. 2019. № 3. S. 51–54.
4. *Novoselov S.I., Ivanova A.V., Tolmachev N.I.* [i dr.]. Vliyanie mineral'ny`h udobrenij na balans sery` v sevooborotah s razlichny`mi vidami parov // *Agrohimiya*. 2016. № 6. S. 6–19.
 5. *Patrina M.S.* Obespechennost' podvizhnoj seroj osnovny`h tipov pahotny`h pochv Krasnoyarskogo kraja i dejstvie serosoderzhaschih udobrenij na produktivnost' i kachestvo urozhaya yarovoj pshenicy`: avtoref. ... dis. kand. biol. nauk. Ulan-Ude, 2013. 15 s.
 6. *Krupkin P.I.* Chernozemy` Krasnoyarskogo kraja / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2002. 332 s.
 7. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya / pod red. *L.M. Derzhavina, D.S. Bulgakova*. M.: Rosinformagroteh, 2003. 240 s.
 8. *Prizhukova V.G. SHajmuhametova A.A., Tyuhova M.V.* Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu sery` v rasteniyah i kormah rastitel'nogo proishozhdeniya. M.: Rosinformagroteh, 2004. 8 s.
 9. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu lokal'nogo monitoringa na reporny`h uchastkah / pod red. *L.M. Derzhavina, D.S. Bulgakova*. Izd. 2-e, pererab. i dop. M.: Izd-vo CINAО, 1996. 16 s.

