

УДК 631.811.6

UDC 631.811.6

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**СОДЕРЖАНИЕ И ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ
МАГНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ
ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО
ПРЕДКАВКАЗЬЯ В УСЛОВИЯХ
АГРОГЕНЕЗА**

**THE CONTENT AND THE FORMS OF MAG-
NESIUM COMPOUND IN LEACHED BLACK
SOIL (CHERNOZEM) OF WESTERN
CISCAUCASIA IN THE AGROGENESIS**

Шеуджен Асхад Хазретович
д.б.н., профессор, член-корр. РАН, зав. кафедрой
агрохимии
SPIN-код: 9370-9411

Sheudzhen Askhad Khazretovich
Dr.Sci.Biol., professor, corresponding member of
R.A.S., head of the Agro-chemistry department
RSCI SPIN-code: 9370-9411

Бондарева Татьяна Николаевна
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 5621-0334

Bondareva Tatyana Nikolaevna
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 5621-
0334

Онищенко Людмила Михайловна
к.с.-х.н., профессор, SPIN-код: 5640-8133

Onishchenko Lyudmila Mikhailovna
Cand.Agr.Sci., professor, SPIN-code: 5640-8133

Бочко Татьяна Федоровна
к.б.н., доцент, SPIN-код: 6069-3209

Bochco Tatiana Fedorovna
Cand.Biol.Sci., assistant professor, SPIN-code: 6069-
3209

Лебедовский Ивана Анатольевич
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 5306-5690

Lebedovsky Ivan Anatolevich
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 5306-
5690

Осипов Михаил Алексеевич
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 9010-8645

Osipov Mikhail Alekseevich
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 9010-
8645

Есипенко Сергей Владимирович
к.с.-х.н., ст. преподаватель, SPIN-код: 3837-8593

Esipenko Sergey Vladimirovich
Cand.Agr.Sci., senior lecturer, SPIN-code: 3837-
8593

*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия
Всероссийский научно-исследовательский
институт риса, Россия*

*Kuban State Agricultural University, Krasnodar,
Russia
All-Russian Research Institute
for rice, Russia*

Представлены результаты изучения магниевого режима чернозема выщелоченного Западного Предкавказья за три ротации зерно-травяно-пропашного севооборота. Магний в почве представлен главным образом необменной формой, количество которой оценивается в 90,18 и 91,29 % от валовых его запасов. Обменные формы магния составляют 8,68 и 7,71 % соответственно в пахотном и подпахотном слое. На долю водорастворимой и органической формы приходится менее 1 % – 0,62 и 0,68 и 0,46 и 0,38 % соответственно. За три ротации 11-польного севооборота валовые запасы магния в почве, на которой культуры выращивались без удобрений, сократились на 0,02 % (200 мг/кг), с удобрениями – 0,03 и 0,02 % (300 и 200 мг/кг). Интенсивнее магний выщелачивался из пахотного слоя почвы. Претерпело изменение и содержание в почве форм магния. В

The article presents the results of the study on the magnesium mode of leached chernozem of Western Ciscaucasia at three rotation of grain-grass-tilled crop rotation. Magnesium in the soil is represented mainly by non-exchangeable form, the number of which is estimated at 90,18 and 91,29 % of gross reserves. Exchange forms of magnesium are 8,68 and 7,71 % respectively in arable and the subsurface layer. The share of water-soluble and organic forms account for less than 1 % - of 0.62 and 0.68 and 0.46 and 0.38% respectively. For three rotation 11-full rotation of gross stocks of magnesium in the soil in which crops were grown without fertilizers has decreased by 0.02 % (200 mg/kg), with fertilizers of 0.03 and 0.02 % (300 and 200 mg/kg). Intense magnesium has been leached from the topsoil. There was a change of the soil content of the forms of magnesium. In the rotation without fertilizer, the share of non-exchangeable

севообороте без удобрений доля необменного магния в общем фонде элемента возросла по сравнению с исходным на 0,27 % в пахотном и 0,11 % подпахотном слое почвы при том, что абсолютное содержание уменьшилось. Количество водорастворимого, обменного и магния органической части почвы снизилось. Уменьшение количества водорастворимого (на 0,05 и 0,06 %) и обменного (на 0,18 и 0,02 %) магния обусловлено его потреблением растениями. Доля магния органической части почвы уменьшается в результате постоянно снижающихся урожаев, а следовательно, и количества органических остатков. В севообороте с использованием минеральных удобрений отмечена иная динамика соединений магния в почве. Количество необменного магния уменьшилось, по сравнению с исходным, на 0,13 % в пахотном и 0,58 % подпахотном слое почвы. Содержание обменного магния увеличилось соответственно на 0,43 и 0,41 %, водорастворимого – на 0,13 и 0,10 %, органической части почвы – на 0,02 и 0,02 %

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, СЕВООБОРОТ, ВАЛОВОЙ МАГНИЙ, ФОРМЫ МАГНИЯ

magnesium in the General Fund item increased from baseline by 0.27 % in arable and 0.11% of the sub-surface layer of soil that the absolute content decreased. The amount of water-soluble, exchangeable and organic magnesium of the soil decreased. Reducing the amount of water-soluble (0.05 and 0.06 %) and metabolic (0.18 and 0.02 %) of magnesium was due to its consumption of the plants. The proportion of magnesium organic part of the soil is reduced as a result of steadily declining yields, and, therefore, the amount of organic residues. In crop rotation, use of mineral fertilizers we have observed different behavior of magnesium compounds in the soil. The number of non-exchangeable magnesium decreased from baseline by 0.13 % in arable and 0.58 % of the sub-surface layer of soil. The content of the exchange of magnesium increased respectively 0.43 and 0.41 %, water soluble - 0.13 and 0.10 %, and the organic part of the soil - 0.02 and 0.02 %

Keywords: LEACHED CHERNOZEM, CROP ROTATION, GROSS MAGNESIUM, MAGNESIUM FORMS

Магний широко распространен в природе. Кларк его в литосфере равен 2,0%, коэффициент биологического поглощения – 1-10. Среднее валовое содержание магния в подзолистых почвах составляет 0,5 %; серых лесостепных – 0,7 %; черноземах – 0,9; сероземах – 1,5 %. В кубанских черноземах оно находится в пределах 0,8-1,1 % [10, 13].

В пределах каждого типа почвы колебания содержания магния бывают значительными и связаны они с минералогическим составом материнской породы. Почвы, сформированные на породах, где преобладающим минералом является каолинит, бедны магнием, а если наибольшее распространение имеет монтмориллонит – богаты им [5, 11].

Миграции магния в нижние горизонты почвенного профиля – важная в агрономическом отношении специфическая его особенность. Этот процесс в зоне с промывным водным режимом почв, как правило, значительно превалирует над биологической его аккумуляцией. По выносу из верхних горизонтов почвы магний обычно стоит на первом месте среди химических

элементов, уступая лишь в некоторых случаях железу. Почвы зон с непромывным водным режимом характеризуются большим абсолютным и относительным количеством магния и меньшей его подвижностью по почвенному профилю [6, 8].

Валовой магний включает четыре формы: водорастворимый; обменный; необменный и органической части почвы. Доля этих форм составляет соответственно 0,5-1,0; 5,0-10,0; 90,0-95,0 и 0,5-2,0 % от валового его запаса в почве [1, 5, 13].

Содержание водорастворимого магния в почве подвержено значительным изменениям в зависимости от режима увлажнения. Его количество в почвенном растворе в зонах достаточного увлажнения незначительно – 12-18 мг/л. В условиях сухого климата на засоленных почвах и при подъеме грунтовых вод к поверхности концентрация этого элемента в почвенном растворе достигает 48-192 мг/л, а магниевые соли могут отлагаться на почвенных частицах в твердом состоянии в виде серых налетов [8].

Магний почвенного раствора находится в равновесии с обменно-поглощенным. Обычно 15-25 % обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе представлено ионами магния [13, 15]. Избыток этого элемента для растений создается в том случае, если на обменную форму приходится более 40-60 % емкости катионного обмена; недостаток – при его доле в составе почвенного поглощающего комплекса менее 5-10 % [7]. Обменного магния, как правило, меньше, чем обменного кальция, однако в почвах, сформированных на серпентинитах, он может быть преобладающим обменным катионом. В доломите одинаковое содержание кальция и магния; в других известковых породах магний уступает. Сильно выщелоченные, а также почвы легкого гранулометрического состава характеризуются недостаточным уровнем содержания обменного магния, поэтому сельскохозяйственные культуры нуждаются во внесении магниевых удобрений [6].

Магний необменный представлен в почве различными минералами. Он входит в состав кристаллической решетки первичных минералов, главным образом, силикатов и алюмосиликатов, а из вторичных – хлоритов, монтмориллонита, гидрослюд и смектитов. Магний, входящий в состав силикатов и алюмосиликатов, прочно связан и практически не используется растениями, но в процессе их выветривания он переходит в доступные для них формы. В то же время такие магнийсодержащие минералы, как магнетит, доломит, брусит и сульфат достаточно хорошо растворимы, легко подвергаются физическому и химическому выветриванию, поэтому их содержание в почве значительно ниже, чем в литосфере. Сульфат магния, обладая высокой растворимостью (33,7 г в 100 мл воды при 20°C), почти не встречается в почве. В почвах подверженных водной и ветровой эрозии высвобождение магния из минералов за вегетационный период обычно не покрывает потребность растений в этом элементе [5, 13].

Магний содержится в живой фазе почвы и неразложившихся растительных остатках. Вследствие разложения органических соединений он переходит в почвенный раствор и поглощенное состояние. В целом содержание магния, связанного с живым и мертвым органическим веществом составляет весьма небольшую часть – 1-2 % от его валового количества [5].

Содержание в почве доступного растениям магния отражает соотношение между потерями вследствие вымывания и выноса урожаями культур и поступлением в результате освобождения из необменных форм и внесения магниевых удобрений.

Затраты магния на формирование 1 т товарной продукции зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень) составляют 2,1-3,5 кг; крупяных (кукуруза, рис, гречиха, сорго) – 1,8-4,5 кг; зернобобовых (горох, фасоль, люпин, соя, вика, кормовые бобы) – 2,9-7,9 кг; прядильных и масличных (хлопчатник, лен, конопля, подсолнечник) – 4,7-11,9 кг; клубне- и корнеплодов

(картофель, свекла, брюква, турнепс) – 0,7-2,7 кг; овощных (огурцы, томаты) – 0,2-0,6 кг; кормовых трав – 2,0-4,6 кг [14].

Потребность растений в магнии зависит от культуры и уровня урожая. Значительное количество магния из почвы выносят свекла (60-70 кг/га) и картофель (40-60 кг/га), меньше – зерновые (10-15 кг/га) и кормовые злаковые травы (10-12 кг/га). Промежуточное место по выносу занимают бобовые травы (30-50 кг/га). В зависимости от вида севооборота с урожаем выносятся ежегодно 15-50 кг/га магния [8].

Ежегодные суммарные потери магния из почвы составляют 30-80 кг/га, в т. ч. в результате вымывания – 15-30 кг/га [5,16]. Для восполнения потерь этого элемента из почвы и с целью поддержания его содержания на уровне, обеспечивающем потребности сельскохозяйственных культур, необходимо ежегодно вносить от Mg_{30-40} (под зерновые) до Mg_{60-70} (под кукурузу, картофель, рис, корнеплоды). На слабо обеспеченных магнием почвах эту норму следует увеличивать на 15-20 % [3].

«В отношении кальция и магния установлено предвзятое утверждение, – писал А.А. Шмук [17], – растения почти никогда не обнаруживают в нормальных условиях своего роста признаков голодания по отношению к этим, безусловно, необходимым элементам питания растений... Поэтому, несмотря на то, что растения большей частью действительно хорошо обеспечены кальцием, магнием и калием в почвах, изучение форм этих соединений, динамики процессов, при которых они изменяются, а также учет агрохимического значения косвенных влияний, которые вызывает их динамика, заслуживает особого внимания».

Недостаток магния в питании растений может быть вызван не только низким содержанием его в почве, но и с проявлением антагонизма с ионами калия и кальция [13]. Все это вызывает активизацию исследований в области изучения режима магния в почве в условиях агрогенеза.

Методика. Исследования проводились после завершения третьей ротации 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота стационарного опыта кафедры агрохимии Кубанского госагроуниверситета, расположенного в учебном хозяйстве «Кубань».

Почва опытного участка чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. Основные агрохимические показатели, характеризующие магниевый режим почвы до закладки эксперимента (1981 г.), приведены в таблице данной статьи и опубликованных ранее работах [2, 4, 9, 12].

Для выявления действия системы удобрения севооборота на магниевый режим почвы с неудобренного и ежегодно удобряемого варианта (за три ротации севооборота было внесено $N_{1740}P_{1740}K_{1160}$) с каждой повторности опыта отбирали почвенные образцы из пахотного 0-20 см и подпахотного 21-40 см слоя. Агрохимические анализы проводились по общепринятым методикам: валовой магний определяли комплексометрически в фильтрате от кремневой кислоты после спекания почвы с углекислыми солями калия и натрия; водорастворимый, обменный и связанный с органической частью почвы (после окисления перекисью водорода и последующей экстракции 1 н CH_3COONH_4) – пламеннофотометрически. Необменный магний рассчитывался по разности между валовым количеством и содержанием обменного магния.

Результаты и обсуждения. Валовое содержание магния в почве опытного участка до начала эксперимента составляло 1,03 и 1,05 % соответственно в пахотном и подпахотном слое. Это указывает на наметившуюся тенденцию миграции элемента в нижележащие горизонты вследствие выщелачивания (таблица 1).

Магний в почве представлен главным образом необменной формой, количество которой оценивается в 90,18 и 91,29 % от валовых его запасов. Обменные формы магния составляют 8,68 и 7,71 % соответственно в па-

хотном и подпахотном слое. На долю водорастворимой и органической формы приходится менее 1 % – 0,62 и 0,68 и 0,46 и 0,38 % соответственно.

Таблица 1 – Содержание магния и формы его соединений в черноземе выщелоченном, мг/кг

Вариант	Слой почвы, см	Магний валовой	Магний			
			водорастворимый	обменный	необменный	органической части почвы
Исходное содержание						
Естественный фон	0-20	10300	70	894	9289	47
	21-40	10500	65	810	9585	40
После трех ротаций севооборота						
Без удобрений	0-20	10100	64	858	9135	43
	21-40	10300	58	792	9414	36
НРК	0-20	10030	78	912	9032	48
	21-40	10250	77	834	9298	41

За три ротации 11-польного севооборота валовые запасы магния в почве, на которой культуры выращивались без удобрений, сократились на 0,02 % (200 мг/кг), с удобрениями – 0,03 и 0,02 % (300 и 200 мг/кг). Интенсивнее магний выщелачивался из пахотного слоя почвы.

Претерпело изменение и содержание в почве форм магния. В севообороте без удобрений доля необменного магния в общем фонде элемента возросла по сравнению с исходным на 0,27 % в пахотном и 0,11 % подпахотном слое почвы при том, что абсолютное содержание уменьшилось. Количество водорастворимого, обменного и магния органической части почвы снизилось. Уменьшение количества водорастворимого (на 0,05 и 0,06 %) и обменного (на 0,18 и 0,02 %) магния обусловлено его потреблением растениями. Доля магния органической части почвы уменьшается в

результате постоянно снижающихся урожаев, а, следовательно, и количества органических остатков.

В севообороте с использованием минеральных удобрений отмечена иная динамика соединений магния в почве. Количество необменного магния уменьшилось по сравнению с исходным на 0,13 % в пахотном и 0,58 % подпахотном слое почвы. Содержание обменного магния увеличилось соответственно на 0,43 и 0,41 %, водорастворимого – на 0,13 и 0,10 %, органической части почвы – на 0,02 и 0,02 %.

Продуктивность севооборота с минеральной системой удобрения существенно выше, чем без их применения. Следовательно, вынос элемента урожаем несоизмеримо больше. Наличие магния в качестве примеси в минеральных удобрениях не компенсировало сокращение его валовых запасов. Увеличение содержания водорастворимого и обменного магния, несмотря на больший его вынос с урожаем, обусловлено действием удобрений на физико-химические свойства почвы, а именно, подкислением почвенного раствора. В кислой среде повышается растворимость магниевых соединений, что усиливает переход магния из минералов (необменная форма) в обменную и водорастворимую форму. Увеличение содержания магния органической части почвы обусловлено большим количеством растительных остатков.

Выводы

1. Агрогенез влияет на магниевый режим чернозема выщелоченного, что выражается в сокращении валовых запасов элемента. И хотя за три ротации севооборота изменения не значительные, наметившаяся тенденция будет усиливаться, т. к. вносимые азотно-фосфорно-калийные удобрения практически не содержат примеси магния.

2. Систематическое применение удобрений ведет к подкислению почвенного раствора, что сопровождается повышением растворимости со-

единений магния, вследствие чего количество его водорастворимых и обменных форм увеличивается. Однако существует опасность их выщелачивания из пахотного слоя почвы.

3. Выявленные закономерности в изменении магниевом режиме чернозема выщелоченного диктуют необходимость в оптимизации системы удобрения культур севооборота с обязательным включением в нее магниевых удобрений.

Литература

1. Авдонин Н.С. Научные основы применения удобрений / Н.С. Авдонин. – М.: Колос, 1972. – 320 с.
2. Блажний Е.С. Черноземы Западного Предкавказья / Е.С. Блажний, Ф.Я. Гаврилюк, В.Ф. Вальков, Н.Е. Редькин / Черноземы СССР (Предкавказье и Кавказ). – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 5-58.
3. Кожуро И.А. Содержание магния / И.А. Кожуро, М.Ю. Швядайте, А.И. Антанайтис, Л.П. Крегждайте, В.В. Лапа, Э.И. Раудвяли, А.М. Сиренди / Оптимальные параметры плодородия почв. – М.: Колос, 1984. – С. 162-171.
4. Коробской Н.Ф. Черноземы Западного Предкавказья. Экологические проблемы и пути их решения / Н.Ф. Коробской. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 382 с.
5. Магницкий К.П. Магниевые удобрения / К.П. Магницкий. – М.: Колос, 1967. – 200 с.
6. Мазаева М.М. Магниевое питание растений и магниевые удобрения: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / М.М. Мазаева. – М.: НИУИФ, 1967. – 42 с.
7. Martin J.P. Influence of Exchangeable Ca and Mg and of Percentage Base Saturation on Growth of Citrus Plants / J.P. Martin, A.H. Page // Soil Sci. 1969. № 107. – P. 39-46.
8. Прокошев В.В. Магниевые удобрения в интенсивном земледелии / В.В. Прокошев, О.В. Неугодова, Ю.А. Смирнов, З.И. Государева. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. – 53 с.
9. Редькин Н.Е. Агрохимические показатели почв / Н.Е. Редькин / Агрохимическая характеристика почв СССР. Регионы Северного Кавказа. – М.: Наука, 1964. – С. 75-77.
10. Симакин А.И. Удобрение, плодородие почв и урожай / А.И. Симакин. – Краснодар: Краснодар. кн. изд-во, 1988. – 276 с.
11. Шеуджен А.Х. Магниевое питание риса и эффективность применения магниевых удобрений / А.Х. Шеуджен, В.В. Прокопенко. – Краснодар: Блиц, 1999. – 96 с.
12. Шеуджен А.Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ // А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Л.М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 502 с.
13. Шеуджен А.Х. Агробиогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
14. Шеуджен А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2013. – 572 с.

15. Шеуджен А.Х. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного / А.Х. Шеуджен, М.А. Осипов, И.А. Лебедовский, С.В. Есипенко // *Агрохимический вестник*, 2013, № 6. – С. 2-3.
16. Шильников И.А. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации / И.А. Шильников, В.Г. Сычев, А.Х. Шеуджен, Н.И. Аканова, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – М.: ВНИИА, 2012. – 351 с.
17. Шмук А.А. Динамика режима питательных веществ в почве. Труды. Т.1 / А.А. Шмук. – М.: Пищепромиздат, 1950. – 372 с.

References

1. Avdonin N.S. Nauchnyye osnovy primeneniya udobreniy / N.S. Avdonin. – М.: Kolos, 1972. – 320 s.
2. Blazhniy Ye.S. Chernozemy Zapadnogo Predkavkaz'ya / Ye.S. Blazhniy, F.YA. Gavriyuk, V.F. Val'kov, N.Ye. Red'kin / Chernozemy SSSR (Predkavkaz'ye i Kavkaz). – М.: Agropromizdat, 1985. – S. 5-58.
3. Kozhuro I.A. Soderzhaniye magniya / I.A. Kozhuro, M.YU. Shvyadayte, A.I. Antanaytis, L.P. Kregzhdayte, V.V. Lapa, E.I. Raudvyali, A.M. Sirendi / Optimal'nyye parametry plodorodiya pochv. – М.: Kolos, 1984. – S. 162-171.
4. Korobskoy N.F. Chernozemy Zapadnogo Predkavkaz'ya. Ekologicheskiye problemy i puti ikh resheniya / N.F. Korobskoy. – Krasnodar: KubGAU, 2005. – 382 s.
5. Magnitskiy K.P. Magniyevyye udobreniya / K.P. Magnitskiy. – М.: Kolos, 1967. – 200 s.
6. Mazayeva M.M. Magniyevoye pitaniye rasteniy i magniyevyye udobreniya: Avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk / M.M. Mazayeva. – М.: NIUIF, 1967. – 42 s.
7. Martin J.P. Influence of Exchangeable Ca and Mg and of Percentage Base Saturation on Growth of Citrus Plants / J.P. Martin, A.H. Page // *Soil Sci.* 1969. № 107. – P. 39-46.
8. Prokoshev V.V. Magniyevyye udobreniya v intensivnom zemledelii / V.V. Prokoshev, O.V. Neugodova, YU.A. Smirnov, Z.I. Gosudareva. – М.: VNIITEIagroprom, 1987. – 53 s.
9. Red'kin N.Ye. Agrokhimicheskiye pokazateli pochv / N.Ye. Red'kin / Agrokhimicheskaya kharakteristika pochv SSSR. Regiony Severnogo Kavkaza. – М.: Nauka, 1964. – S. 75-77.
10. Simakin A.I. Udobreniye, plodorodiye pochv i urozhay / A.I. Simakin. – Krasnodar: Krasnod. kn. izd-vo, 1988. – 276 s.
11. Sheudzhen A.KH. Magniyevoye pitaniye risa i effektivnost' primeneniya magniyevykh udobreniy / A.KH. Sheudzhen, V.V. Prokopenko. – Krasnodar: Blits, 1999. – 96 s.
12. Sheudzhen A.KH. Regional'naya agrokhiimiya. Severnyy Kavkaz // A.KH. Sheudzhen, V.T. Kurkayev, L.M. Onishchenko. – Krasnodar: KubGAU, 2007. – 502 s.
13. Sheudzhen A.KH. Agrobiogeokhiimiya / A.KH. Sheudzhen. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – 877 s.
14. Sheudzhen A.KH. Agrokhimicheskiye osnovy primeneniya udobreniy / A.KH. Sheudzhen, T.N. Bondareva, S.V. Kizinek. – Maykop: Poligraf-YUG, 2013. – 572 s.
15. Sheudzhen A.KH. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na fiziko-khimicheskiye svoystva chernozema vyshchelochennogo / A.KH. Sheudzhen, M.A. Osipov, I.A. Lebedovskiy, S.V. Yesipenko // *Агрохимический вестник*, 2013, № 6. – С. 2-3.

16. Shil'nikov I.A. Poteri elementov pitaniya rasteniy v agrobiogeokhimicheskom krugovorote veshchestv i sposoby ikh minimizatsii / I.A. Shil'nikov, V.G. Sychev, A.KH. Sheudzhen, N.I. Akanova, T.N. Bondareva, S.V. Kizinek. – M.: VNIIA, 2012. – 351 s.

17. Shmuk A.A. Dinamika rezhima pitatel'nykh veshchestv v pochve. Trudy. T.1 / A.A. Shmuk. – M.: Pishchepromizdat, 1950. – 372 s.