

УДК 631.445.12 (47)

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

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

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

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

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

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

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

Есипенко Сергей Владимирович
к.с.-х.н., ст. преподаватель
SPIN-код: 3837-8593
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия
Всероссийский научно-исследовательский
институт риса, Россия*

Большой практический и теоретический интерес представляет изучение агробиогеохимической трансформации кальция в агроэкосистемах. Основу устойчивости почвы, как элемента структуры и функционирования биосферы, составляют исторически сложившиеся биохимические циклы и потоки вещества и энергии, которые остаются неизменными при антропогенном воздействии. Сравнительный анализ валового содержания кальция в черноземе выщелоченном позволил установить его снижение после трех ротаций зерново-травяно-пропашного севооборота. Без применения удобрений его уменьшение относительно исходного составило 5,25 % в слое 0-20 см и 3,87 % в слое 20-40 см, с их внесением – 9,14 и 9,35 % соответственно. Выявленная тенденция позволяет говорить о снижении запасов кальция в корнеобитаемом слое чернозема выщелоченного при его сельскохозяйственном использовании, причем более активно данный процесс происходит при использовании минеральных удобрений.

UDC 631.445.12 (47)

06.00.00 Agricultural sciences

**CONTENT AND FORMS OF CALCIUM COM-
POUNDS IN THE LEACHED BLACK SOIL OF
WESTERN CISCAUCASIA UNDER AGRO-
GENESIS**

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

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

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

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

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

Esipenko Sergey Vladimirovich
Cand.Agr.Sci., senior lecturer
SPIN-code: 3837-8593
*Kuban State Agricultural University, Krasnodar,
Russia
All-Russian Research Institute of rice, Russia*

Great practical and theoretical interest comes with a study of the transformation of calcium agrobiogeochemical in agro-ecosystems. The basis of the stability of the soil, as an element of the structure and functioning of the biosphere, constitutes historically approved biochemical cycles and flows of matter and energy, which remain unchanged under anthropogenic impact. Comparative analysis of the total content of calcium leached black soil allowed us to establish its decline after three rotations of grain and grass-tilled crop rotation. Without the use of fertilizers its reduction from baseline was 5.25% in the layer 0-20 cm and 3.87% in the 20-40 cm layer, with their introduction - 9.14 and 9.35%, respectively. This trend suggests a decrease in calcium reserves in the root zone of leached black soil in its agricultural use; this process is more active when using mineral fertilizers. This is obviously due to a large outflow of elements in the fertilizer background with harvest crops, and partly due to the influence of mineral fertilizers as chemical reagents on mineral soils, resulting in the

Последнее, очевидно, обусловлено большим выносом элемента на удобренном фоне с урожаем сельскохозяйственных культур, а также отчасти воздействием минеральных удобрений как химических реагентов на минеральную часть почвы, высвобождением в результате этого кальция и перемещением его в нижние горизонты почвы. Наряду с валовым содержанием кальция и его форм анализировались активность ионов кальция и кальциевый потенциал

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, СЕВОБОРОТ, ВАЛОВОЙ КАЛЬЦИЙ, ФОРМЫ КАЛЬЦИЯ

release of calcium and moving it into the lower soil horizons. Along with the total content of calcium and its forms, we have analyzed the activity of calcium ions and calcium potential

Keywords: LEACHED BLACK SOIL, CROP ROTATION, GROSS CALCIUM, CALCIUM FORMS

Кальций по распространенности в земной коре занимает пятое место после кислорода, кремния, алюминия и железа. Содержание его в почвах колеблется от 0,5 до 5,0 %. Основная часть этого элемента находится в почве в форме труднорастворимых минеральных соединений (главные «кальциедержатели») – карбонатов, сульфатов, фосфатов, силикатных и алюмосиликатных минералов. Значительная часть кальция содержится в обменно-поглощенной форме и в очень небольшом количестве – в органическом веществе почвы, а также в почвенном растворе в виде водорастворимых солей – нитратов, хлоридов и бикарбонатов, которые образуются при вытеснении в раствор поглощенного кальция, а также в результате растворения карбонатов и разрушения силикатных и алюмосиликатных минералов. Обменно-поглощенный кальций – основной источник питания растений этим элементом [9].

Кальций доминирует среди обменных катионов почвенного поглощающего комплекса большинства почв. На его долю приходится 55-85 % катионообменной емкости [12, 14]. Высокая концентрация кальция на участке катионного обмена определяется сравнительно небольшим размером гидротированного иона Ca^{2+} относительно к его двойному положительному заряду. Концентрация заряда создает предпочтительную адсорбцию катионов Ca^{2+} по сравнению с другими ионами, которые могут присутствовать. Предпочтительная адсорбция присуща в большой степени

глинистым минералам с высокой емкостью катионного обмена, например монтмориллониту, и менее выражена в таких глинах, как каолинит, которые имеют низкие емкости катионного обмена. В гумусе адсорбция кальция наиболее высока, поскольку он характеризуется повышенной емкостью катионного обмена и, кроме того, некоторые ионы Ca^{2+} могут быть хелатированы органическими соединениями, присутствующим в гумусе [10].

Кальций в значительной мере определяет экологические свойства почвы: создает условия для трансформации органического вещества, образования глинистых минералов, влияет на природу глиногумусовых комплексов, структуру почвы, реакцию почвенного раствора и связанной с ней интенсивности биологических процессов и подвижности питательных веществ. *«Являясь весьма сильным коагулятором и вызывая свертывание коллоидов, – писал А.А. Шмук [17], – кальций образует тем самым тот цемент, который склеивает отдельные почвенные агрегаты, сообщая им достаточную прочность и обуславливая желательную для земледелия прочную комковатую структуру... Потеря из почвы кальция, вытеснение его из почвенного поглощающего комплекса другими катионами, в особенности натрием, сейчас же сказывается на изменении физических свойств и структурности почвы в нежелательную сторону. Практический случай таких явлений мы видим иногда при длительном удобрении почв чилийской селитрой... – почва, мало-помалу утрачивает свои хорошие агрономические свойства, теряет структуру и перед земледельцем стоит необходимость искусственного пополнения запасов кальция в почве».*

Количество обменного кальция наиболее высокое в черноземах и сероземах и значительно уменьшается в серых лесных почвах. Меньше всего обменного кальция содержится в дерново-подзолистых почвах. Кроме того, в этих почвах поступление катионов кальция в корни растений затруднено вследствие антагонизма ионов H^+ и NH_4^+ , чему способствует систе-

матическое применение физиологически кислых минеральных удобрений, аммонификация, нитрификация, денитрификация и другие биохимические процессы. На таких почвах растения очень отзывчивы на внесение кальциевых удобрений [9, 15].

Концентрация кальция в почвенном растворе обычно регулируется равновесием с обменным кальцием. Она зависит от степени насыщения кальцием почвенного поглощающего комплекса, природы связывания с обменным участком и содержания анионов в растворе [1].

Растения, принадлежащие к различным ботаническим семействам, потребляют разное количество кальция. На формирование 1 т товарной продукции зерновые культуры его затрачивают 0,75-1,25; зернобобовые – 2,0-3,0; корне- и клубнеплоды – 2,75-3,25; овощные культуры – 0,35-0,70 кг [13]. У большинства сельскохозяйственных культур, за исключением бобовых, кальций накапливается преимущественно в вегетативных органах, в результате чего отчуждение его из полей относительно не велико. Однако, в условиях сельскохозяйственного производства, корнеобитаемый слой почвы теряет значительное количество кальция с инфильтрационными атмосферными осадками. Размер потерь этого элемента, обусловленных вымыванием, зависит от количества атмосферных осадков, валового содержания и гранулометрического состава почвы, и варьирует в пределах 50-350 кг/га. Чем больше кальция содержится в почве, тем легче он теряется вследствие вымывания. На величину его потерь оказывают влияние и вносимые на поля севооборота удобрения. Аммонийные формы азотных удобрений, способствуют вытеснению обменного кальция из почвенного поглощающего комплекса, и он теряется с просачивающейся водой. На практике внесение 1 ц сульфата аммония влечет за собой потерю кальция, эквивалентную примерно 1 ц карбоната кальция. Калийные удобрения также способствуют, хотя и в меньшей степени, декальцинации почвы.

Применение фосфорных удобрений вызывает меньшие потери, поскольку фосфаты химически связываются почвой [5, 16].

Термодинамическим показателем, характеризующим способность катионов кальция переходить из твердой фазы почвы в почвенный раствор, служит уровень активности ионов (aCa^{2+}). Существует положительная связь между активностью ионов кальция в почвенном растворе и содержанием его водорастворимой формы. Вместе с тем такая связь с обменной формой наблюдается не всегда.

Важнейшим критерием для оценки плодородия почв является величина кальциевого потенциала – отношение концентрации иона водорода к корню квадратному из концентрации иона кальция. Этот показатель характеризует энергетический уровень перехода ионов кальция из твердой фазы почвы в почвенный раствор. Чем он выше, тем легче ион кальция переходит в почвенный раствор и тем он доступнее растениям [15].

Несмотря на свое природное совершенство, черноземы неизбежно эволюционируют в процессе агрогенеза. В связи с этим большой практический и теоретический интерес представляет изучение агробиогеохимической трансформации кальция в агроэкосистемах. Основу устойчивости почвы, как элемента структуры и функционирования биосферы, составляют исторически сложившиеся биохимические циклы и потоки вещества и энергии, которые остаются неизменными при антропогенном воздействии [3].

Цель работы – установление параметров кальциевого режима чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и оценка направленности их изменения в процессе сельскохозяйственного использования.

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 кальциевый режим почвы до закладки эксперимента (1981 г.) приведены в соответствующих таблицах данной статьи и опубликованных ранее работах [2, 4, 8, 11].

Для выявления действия системы удобрения севооборота на кальциевый режим почвы с неудобренного и ежегодно удобряемого вариантов (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: водорастворимый и обменный кальций определяли трилонометрическим методом. Резервный неэкстрагируемый кальций рассчитывался по разности между валовым количеством и содержанием обменного кальция. Количество кальция органической части почвы определяли по прописи П.Е. Простакова: две навески по 10 г почвы, очищенной от растительных остатков, помещали в колбу емкостью 300 мл. В одну из колб приливали 100 мл 30 %-ной H_2O_2 , а в другую столько же дистиллированной воды. Затем содержимое обеих колб слабо подогревалось и периодически взбалтывалось. После сжигания органического вещества почвы в колбе с перекисью водорода содержимое обеих колб фильтровали и в фильтрате определяли кальций трилонометрическим методом. Количество кальция, освободившегося при сжигании органического вещества почвы, рассчитывали по разности его содержания в фильтрате из первой и второй колб.

Определение активности ионов кальция проводили в почвенных пастах при нижней границе текучести потенциметрически с использованием соответствующих ионселективных электродов. Измерение электродвижущей силы цепи (э.д.с.) осуществлялось потенциометром Р307 с рН-метром ЛПУ-01 как усилителем. Величину pCa определяли по калибровочной кривой, представляющей собой графическую зависимость величины э.д.с. цепи

от отрицательного логарифма активности ионов. Для построения калибровочной кривой использовали стандартные растворы $CaCl_2$. Активность ионов кальция (aCa^{2+}) находили согласно равенству $pCa = -lgaCa^{2+}$. Одновременно в почвенном растворе определяли pH стеклянным электродом.

Результаты и обсуждения. Сравнительный анализ валового содержания кальция в черноземе выщелоченном позволил установить его снижение после трех ротаций зерново-травяно-пропашного севооборота (таблица 1). Без применения удобрений его уменьшение относительно исходного составило 5,25 % в слое 0-20 см и 3,87 % в слое 20-40 см, с их внесением – 9,14 и 9,35 % соответственно. Выявленная тенденция позволяет говорить о снижении запасов кальция в корнеобитаемом слое чернозема выщелоченного при его сельскохозяйственном использовании, причем более активно данный процесс происходит при использовании минеральных удобрений. Последнее, очевидно, обусловлено большим выносом элемента на удобренном фоне с урожаем сельскохозяйственных культур, а также отчасти воздействием минеральных удобрений как химических реагентов на минеральную часть почвы, высвобождением в результате этого кальция и перемещением его в нижние горизонты почвы.

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

| Вариант | Слой почвы, см | Кальций валовой | Кальций | | | |
|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------|----------------------------|--------------------------|
| | | | водорастворимый | обменный | резервный неэкстрагируемый | органической части почвы |
| Исходное содержание | | | | | | |
| Естественный фон | 0-20 | 17500 | 380 | 5680 | 11820 | 160 |
| | 21-40 | 15500 | 410 | 5420 | 10080 | 120 |
| После трех ротаций севооборота | | | | | | |
| Без удобрения | 0-20 | 16580 | 340 | 5520 | 11060 | 140 |

| | | | | | | |
|-----|-------|-------|-----|------|-------|-----|
| ний | 21-40 | 14900 | 370 | 5340 | 9560 | 100 |
| НРК | 0-20 | 15900 | 450 | 5900 | 10000 | 170 |
| | 21-40 | 14050 | 470 | 5620 | 8430 | 122 |

Более полное представление о трансформациях и динамике соединений кальция в почве позволяют получить данные по содержанию различных его форм. Исследованиями установлено, что наименее всего представлен кальций органических соединений. В пахотном слое 0-20 см его содержалось 140-170 мг/кг, в слое 20-40 см – 100-122 мг/кг. Использование чернозема выщелоченного в зерново-травяно-пропашном севообороте не оказало существенного влияния на количество этой формы. Отмечена лишь тенденция его снижения в варианте без внесения минеральных удобрений, что связано со снижением содержания гумуса.

Наличие водорастворимых форм кальция также характеризуется в черноземе выщелоченном невысокими значениями – 340-470 мг/ кг. При этом следует отметить незначительное снижение их количества по сравнению с исходным в варианте без удобрений и увеличение при внесении минеральных удобрений. Последнее, очевидно, обусловлено поступлением элемента в почву в составе фосфорных удобрений, а также отчасти более высокой биологической аккумуляцией в удобренном варианте.

Чернозем выщелоченный отличается высоким содержанием обменно поглощенного кальция. Этот ион является преобладающим в составе поглощенных оснований данного типа почв – на его долю приходится свыше 70 % от их суммы. В почве 32,5-40,0 % кальция представлено обменно поглощенной формой. В севообороте без удобрений абсолютное ее содержание снизилось по сравнению с исходным, а с их применением – увеличилось почти на 4,0 %. Доля поглощенного кальция в общем запасе элемента в почве после трех ротаций севооборота повысилась в обоих вариантах.

В черноземе выщелоченном более 60,0 % валового содержания кальция находится в резервном неэкстрагируемом состоянии. Так, в исходной

почве доля этой формы составляла 67,5 и 65,0 % в пахотном и подпахотном слоях соответственно. После трех ротаций 11-польного зерново-травяно-пропашного севооборота отмечено как относительное, так и абсолютное снижение резервного кальция. Причем в варианте с применением минеральных удобрений потери были выше и составили 15,4 и 16,4 % в слоях 0-20 см и 20-40 см соответственно относительно исходного содержания, в то время как в неудобренном варианте 6,4 и 5,2 % для тех глубин. Такая динамика данной формы элемента показывает, что: 1) пополнение запасов соединений кальция, доступных для питания растений, происходит главным образом за счет их постепенного высвобождения их резервных минеральных форм; 2) использование минеральных удобрений активизирует процессы выветривания и тем самым ускоряет переход неэкстрагируемых форм в более лабильные; 3) при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного происходит снижение валовых запасов кальция в корнеобитаемых слоях, преимущественно, за счет уменьшения количества его резервных неэкстрагируемых соединений.

Наряду с валовым содержанием кальция и его форм анализировались активность ионов кальция и кальциевый потенциал. Активность ионов принято считать мерой их реального участия в почвенно-химических реакциях. Она представляет собой произведение концентрации иона в растворе на коэффициент его активности. Последний является мерой интенсивности взаимно действующих в растворе сил, зависящих от его концентрации, заряда ионов, степени их гидратации и др. [6]. Величину активности часто используют в термодинамических расчетах, а также для решения ряда задач, в числе которых оценка доступности элементов питания растениям.

Как свидетельствуют данные, представленные в таблице 2, к концу третьей ротации севооборота под воздействием минеральных удобрений возросла активность ионов кальция. Это, очевидно, обусловлено в первую очередь увеличением содержания водорастворимых форм этого элемента.

Косвенным подтверждением тому является пропорциональное изменение этих двух показателей: в почве варианта с применением минеральных удобрений как количество водорастворимого кальция, так и его активность возросла в 1,3 раза.

Таблица 2 – Активность ионов кальция и величина кальциевого потенциала чернозема выщелоченного

| Вариант | Слой почвы, см | pH_{H_2O} | Кальций | | | | Кальциевый потенциал |
|---------------|----------------|-------------|----------|---------------------------|-----------------------|----------|----------------------|
| | | | активный | | водораст- творимый | обменный | |
| | | | pCa | aCa^{2+} , мг-экв./л | мг-экв./100 г | | |
| Без удобрений | 0-20 | 6,5 | 3,17 | 1,35 | 1,70 | 27,6 | 5,32 |
| | 21-40 | 6,6 | 3,10 | 1,59 | 1,85 | 26,7 | 5,41 |
| НРК | 0-20 | 6,3 | 3,05 | 1,78 | 2,25 | 29,5 | 5,92 |
| | 21-40 | 6,4 | 3,00 | 2,00 | 2,35 | 28,1 | 6,16 |

Вместе с тем следует отметить, что активность иона может служить показателем «мгновенной» (в данный момент) обеспеченности растений элементом питания. В общей форме она оценивается с помощью потенциала элемента питания (nutrient potential) – энергетической характеристикой, определяемого только для равновесных систем твердая фаза – почвенный раствор. Результаты исследований свидетельствуют, что эта величина в удобренном варианте также превышала таковую в неудобренном, однако различия незначительны – всего в 1,1 раза.

Выводы

1. На кальциевый режим чернозема выщелоченного влияет агрогенез. Длительное использование почвы в зерново-травяно-пропашном севообороте сопровождается снижением валового содержания элемента, преимущественно в результате сокращения количества резервных неэкстраги-

руемых соединений. Применение минеральных удобрений способствует активизации этого процесса.

2. Систематическое внесение удобрений способствует повышению содержания водорастворимых и обменно поглощенных форм кальция, а также активности Ca^{2+} и кальциевого потенциала.

3. С целью обеспечения благоприятного для сельскохозяйственных культур кальциевого режима почв и сохранения его общих запасов в черноземе выщелоченном в условиях агрогенеза необходимо возмещение потерь элемента путем внесения кальцийсодержащих удобрений и мелиорантов.

Литература

1. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве / С.А. Барбер. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 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. Ковда В.А. Основы учения о почвах / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. Книга первая – 448 с.; книга вторая – 468 с.
4. Коробской Н.Ф. Черноземы Западного Предкавказья. Экологические проблемы и пути их решения / Н.Ф. Коробской. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 382 с.
5. Кук Дж. У. Регулирование плодородия почвы / Дж. У. Кук. – М.: Колос, 1970. – 520 с.
6. Орлов Д.С. Химия почв: Учебник / Д.С. Орлов – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.
7. Панов Н.П. Химический состав почв / В.Г. Мамонтов, Н.П. Панов, И.С. Кауричев, Н.Н. Игнатъев / Общее почвоведение. – М.: КолосС, 2006. – С. 141-178.
8. Редькин Н.Е. Агрохимические показатели почв / Н.Е. Редькин / Агрохимическая характеристика почв СССР. Регионы Северного Кавказа. – М.: Наука, 1964. – С. 75-77.
9. Смирнов П.М. Методы химической мелиорации почв. Известкование и гипсование / П.М. Смирнов / Агрохимия. – М.: Колос, 1975. – С. 114-152.
10. Томпсон Л.М. Почвы и их плодородие / Л.М. Томпсон, Ф.Р. Троу. – М.: Колос, 1982. – 462 с.
11. Шеуджен А.Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ // А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Л.М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 502 с.
12. Шеуджен А.Х. Агробιοгеохимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
13. Шеуджен А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2013. – 572 с.
14. Шеуджен А.Х. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного / А.Х. Шеуджен, М.А. Осипов, И.А. Лебедевский, С.В. Есипенко // Агροхимический вестник, 2013, № 6. – С. 2-3.

15. Шеуджен А.Х. Кальций – дефицитный элемент питания растений на почвах рисовых полей / А.Х. Шеуджен / Энтузиасты аграрной науки. Тр. КубГАУ. 2005. Вып. 4. – С. 136-141.

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. Barber S.A. Biologicheskaja dostupnost' pitatel'nyh veshhestv v pochve / S.A. Barber. – М.: Agropromizdat, 1988. – 376 s.
2. Blazhnyj E.S. Chernozemy Zapadnogo Predkavkaz'ja / E.S. Blazhnyj, F.Ja. Gavriljuk, V.F. Val'kov, N.E. Red'kin / Chernozemy SSSR (Predkavkaz'e i Kav-kaz). – М.: Agropromizdat, 1985. – S. 5-58.
3. Kovda V.A. Osnovy uchenija o pochvah / V.A. Kovda. – М.: Nauka, 1973. Kniga pervaja – 448 s.; kniga vtoraja – 468 s.
4. Korobskoj N.F. Chernozemy Zapadnogo Predkavkaz'ja. Jekologicheskie problemy i puti ih reshenija / N.F. Korobskoj. – Krasnodar: KubGAU, 2005. – 382 s.
5. Kuk Dzh. U. Regulirovanie plodorodija pochvy / Dzh. U. Kuk. – М.: Kolos, 1970. – 520 s.
6. Orlov D.S. Himija pochv: Uchebnik / D.S. Orlov – М.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1985. – 376 s.
7. Panov N.P. Himicheskij sostav pochv / V.G. Mamontov, N.P. Panov, I.S. Kaurichev, N.N. Ignat'ev / Obshhee pochvedenie. – М.: KolosS, 2006. – S. 141-178.
8. Red'kin N.E. Agrohimiicheskie pokazateli pochv / N.E. Red'kin / Agrohimi-cheskaja harakteristika pochv SSSR. Regiony Severnogo Kavkaza. – М.: Nauka, 1964. – S. 75-77.
9. Smirnov P.M. Metody himicheskoi melioracii pochv. Izvestkovanie i gip-sovanie / P.M. Smirnov / Agrohimiija. – М.: Kolos, 1975. – S. 114-152.
10. Tompson L.M. Pochvy i ih plodorodie / L.M. Tompson, F.R. Trou. – М.: Kolos, 1982. – 462 s.
11. Sheudzhen A.H. Regional'naja agrohimiija. Severnyj Kavkaz // A.H. Sheudzhen, V.T. Kurkaev, L.M. Onishhenko. – Krasnodar: KubGAU, 2007. – 502 s.
12. Sheudzhen A.H. Agrobiogeohimiija / A.H. Sheudzhen. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – 877 s.
13. Sheudzhen A.H. Agrohimiicheskie osnovy primenenija udobrenij / A.H. Sheudzhen, T.N. Bondareva, S.V. Kizinek. – Majkop: Poligraf-JuG, 2013. – 572 s.
14. Sheudzhen A.H. Vlijanie dlitel'nogo primenenija udobrenij na fiziko-himicheskie svojstva chernozema vyshhelochennogo / A.H. Sheudzhen, M.A. Osipov, I.A. Lebedovskij, S.V. Esipenko // Agrohimiicheskij vestnik, 2013, № 6. – S. 2-3.
15. Sheudzhen A.H. Kal'cij – deficitnyj jelement pitaniija rastenij na pochvah risovyh polej / A.H. Sheudzhen / Jentuziasty agrarnoi nauki. Тр. KubGAU. 2005. Vyp. 4. – S. 136-141.
16. Shil'nikov I.A. Poteri jelementov pitaniija rastenij v agrobiogeohimiicheskom krugovorote veshhestv i sposoby ih minimizacii / I.A. Shil'nikov, V.G. Sychev, A.H. Sheudzhen, N.I. Akanova, T.N. Bondareva, S.V. Kizinek. – М.: VNIIA, 2012. – 351 s.
17. Shmuk A.A. Dinamika rezhima pitatel'nyh veshhestv v pochve. Trudy. T.1 / A.A. Shmuk. – М.: Pishhepromizdat, 1950. – 372 s.