

УДК 631.416.8

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

**ТИТАН В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

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

Корсунова Мария Игнатьевна  
д.с.-х.н., профессор

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*

Представлены результаты изучения валового содержания титана в неудобряемом и систематически удобряемом черноземе выщелоченном. Научно-обоснованная система удобрения культур севооборота позволяет решать задачи бездефицитного баланса элементов питания в системе «почва-растение-удобрение», увеличения количества и улучшения качества урожая. В то же время их применение – это активное влияние на природную среду. В почву с вносимыми удобрениями поступает большой набор химических элементов. Кроме того, в силу своей физиологической кислотности или щелочности, удобрения способны в той или иной степени влиять на физико-химические свойства почвы. Применение минеральных удобрений в научно обоснованных дозах на полях севооборота в течение 33 лет практически не отразилось на содержании титана в черноземе выщелоченном. В пахотном слое его количество возросло лишь на 2,1 %, а в подпахотном – оно такое же, как и в севообороте без удобрений. Обогащение верхнего слоя почвы титаном происходит вследствие десиликации горных пород при выветривании. Из-за малой растворимости минералов титана, они более продолжительное время остаются на месте, а значит, содержание элемента в почве возрастает. Как известно, минеральные удобрения, применяемые на полях севооборота,

UDC 631.416.8

Agricultural sciences

**TITANIUM IN THE WESTERN CAUCASUS LEACHED CHERNOZEM**

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

Korsunova Maria Ignatyevna  
Dr.Sci.Agr., professor

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 for rice, Russia*

The article presents results of studying total content of titanium in both not fertilized and systematically fertilized black leached soil. Science-based system of fertilizer crop rotation allows solving problems of sufficient balance of nutrients in the system of "soil-plant-fertilizer", increasing the quantity and improving the quality of the crop. At the same time, their application is active influence on the natural environment. In the soil, there is an input of a large set of chemical elements come along with fertilizers. In addition, due to their physiological pH or alkalinity, fertilizers are capable to affect the physical and chemical properties of the soil. The use of mineral fertilizers in scientifically based doses on the fields of crop rotation for 33 years virtually has no impact on the content of titanium in leached Chernozem. In the arable layer its number increased only by 2.1 %, and in subsurface - it is the same as in the crop without fertilizer. Enrichment of topsoil with titanium is due to desilication of rocks during weathering. Due to the low solubility of titanium minerals, they remain in the place longer, and therefore, the content of the element in the soil increases. As you know, fertilizers applied to the fields of crop rotation, increase the intensity of the biological cycle of substances and thereby enhance the process of destruction of the parent rocks

повышают интенсивность биологического круговорота веществ и тем самым усиливают процесс разрушения почвообразующих пород

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМ  
ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, СЕВООБОРОТ, ТИТАН

Keywords: LEACHED CHERNOZEM, CROP  
ROTATION, TITANIUM

Кларк титана в земной коре и литосфере равен  $6,1 \cdot 10^{-1} \%$ , почве –  $4,6 \cdot 10^{-1}$ , растениях –  $1 \cdot 10^{-4}$ , водах Мирового океана  $< 1 \cdot 10^{-7}$ , биофильность –  $2,8 \cdot 10^{-3}$ , талассофильность –  $1 \cdot 10^{-5}$ , технофильность –  $1 \cdot 10^{-6}$  [4,6,9].

Титан распространен в магматических и осадочных породах (таблица 1; [3,10,11]).

Таблица 1 – Содержание титана в магматических и осадочных породах, %

Магматические породы	Содержание	Осадочные породы	Содержание
Ультраосновные	0,03-0,30	Глины	0,38-0,46
Основные	0,90-1,38	Сланцы	0,44-0,46
Средние	0,35-0,80	Песчаники	0,15-0,35
Кислые	0,12-0,34	Известняки	0,03-0,04

Основную роль в концентрации титана играет магматизм. Содержание титана в основных породах составляет 0,90-1,38 %. Все остальные магматические породы содержат его значительно меньше – 0,03-0,80 %. Наименьшим количеством титана характеризуются пески и известняки – 0,03-0,35 %. В глинах и сланцах содержание его несколько выше – 0,38-0,46 %.

В почвообразующих породах Центрального Черноземья Российской Федерации диапазон колебаний в содержании титана довольно значителен – от 1400 до 6600 мг/кг [7]. Еще в более широких пределах варьирует его количество в почвообразующих породах Краснодарского края – 513-9330 мг/кг. В преобладающих почвообразующих породах степного

ландшафта – лессовидных суглинках и глинах – оно составляет 1349-6771 мг/кг, в аллювиальных отложениях пойм и дельт рек – 1122-5838, делювиальных и элювиальных глинах предгорий и гор – 3300-9333, в мергелях и известняках – 513-6166 мг/кг. Наибольшая неоднородность в распределении титана характерна для почвообразующих пород предгорий и гор, наименьшая – для степного ландшафта. В почвообразующих породах степной зоны и долин рек различия в содержании этого элемента во многом определяются их механическим составом. Больше его обычно в глинистых породах. В предгорьях и особенно горных ландшафтах, где почвообразующие породы весьма разнообразны, различия в распределении титана связаны не только с изменением механического состава, но в значительной степени и с более разнообразным их минералогическим и химическим составом [5, 8].

Титан относится к группе слабоподвижных и инертных элементов. Минералы титана отличаются высокой стойкостью в процессах выветривания и почвообразования. В ходе выветривания этот элемент мигрирует и накапливается главным образом механическим путем в форме первичных минералов-россыпей. Истинная миграция его возможна лишь в очень кислых растворах, в противном случае происходит гидролиз солей. При химическом выветривании минералов, титан освобождается в виде двуокиси в коллоидальной форме. В результате осадочной дифференциации кристаллические зерна устойчивых титансодержащих минералов концентрируются в песках, а коллоидальная двуокись титана – в глинистом материале [1, 7].

Накопление титана в почвах зависит от материнской породы, на которой она образуется, и от интенсивности почвообразовательного процесса. Богаче им почвы, формирующиеся на основных породах, беднее – песчаные, лессовые, болотные и известковые.

Содержание титана в поверхностном слое почв мира в большинстве случаев колеблется в пределах 0,01–1,0 % [3, 10, 11]. В пахотном слое большинства почв Российской Федерации и стран ближнего зарубежья его содержится 0,01-0,60 %. Торфяно-болотистые почвы тундры и красноземы наиболее богаты титаном вследствие их формирования на основных породах. Почвы средней полосы – подзол и серые лесные – содержат меньшее количество этого элемента. Несколько больше его в черноземах и каштановых почвах. Наименьшее количество титана находится в сероземах (таблица 2; [9]).

Содержание титана в пахотном слое почв Краснодарского края приближается к его кларку. Самым низким его количеством при сравнительно равномерном распределении отличаются черноземы среднегумусные предгорно-степной зоны (3300 мг/кг). Мало титана и в лёссовидных породах, на которых развиваются эти черноземы. Больше титана содержат слитые черноземы (6160 мг/кг). Выщелоченные и слабогумусные черноземы степной зоны края содержат титана соответственно 3600 и 3900 мг/кг, слитые черноземы – 6160 мг/кг [5, 8].

Таблица 2 – Содержание титана в почвах Российской Федерации и стран ближнего зарубежья, %

Почвы	Содержание, %
Торфяные болотные (тундра)	0,52
Подзолистые	0,38
Серые лесные	0,44
Черноземы	0,45
Каштановые	0,41
Сероземы	0,21
Красноземы	0,71

Титан находится в почве в виде твердых минералов – конечных продуктов выветривания основных пород, а также титаната железа и в рассеянном виде в алюмосиликатах. Значительная часть его находится в невыветренных частицах глин, слюдах, амфиболе, лепидомелане. Небольшая часть титана в почве представлена в коллоидной форме – гидратом  $TiO_2$ , который образуется в процессе разрушения титансодержащих минералов. Этот элемент может находиться в почвах и в виде  $Ti(HPO_4)_2$ , что является новообразованием. В виду неспособности титана давать соединения, легко растворимые в условиях биосферы, количество его в почвенном растворе ничтожно мало –  $7 \cdot 10^{-6} \%$ , несмотря на высокое содержание в почвах. На то, что растворимость титана в почвах весьма ограничена, указывает латеритный процесс. В тропиках и субтропиках, где идет интенсивное выветривание, при этом процессе из верхних горизонтов выносятся огромное количество свободного  $SiO_2 \cdot nH_2O$ ,  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  и  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ; содержание же  $TiO_2$  к верхним горизонтам этого профиля заметно нарастает. Это значит, что  $TiO_2$  остается на месте [2].

Титан является постоянным компонентом растений и выполняет в них важные физиолого-биохимические функции. Двух-, трех- и четырехвалентные ионы титана легко переходят друг в друга по схеме  $Ti^{2+} \rightleftharpoons Ti^{3+} \rightleftharpoons Ti^{4+}$ . Особый интерес представляют соединения  $Ti^{3+}$ , для которых в зависимости от условий среды, наблюдается как понижение, так и повышение валентности. Вследствие этого возможно участие соединений этого элемента в разнообразных окислительно-восстановительных реакциях в организме. В частности, титан выполняет каталитические функции при фиксации азота симбиотическими микроорганизмами, и при фотоокислении соединений азота у растений, оказывает положительное влияние на интенсивность циклического и нециклического фосфорилирования в листьях растений. Под воздействием этого элемента

также ускоряются процессы фотовосстановления, т. е. реакции перехода электрона по электрон-транспортной цепи. С урожаем сельскохозяйственных культур ежегодно с полей отчуждается 75-2700 г/га титана [5, 10].

**Цель исследований** – изучение содержания и распределение титана в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья.

**Методика.** Исследования проводились после завершения третьей ротации 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота стационарного опыта кафедры агрохимии Кубанского госагроуниверситета учебного хозяйства «Кубань», расположенного в Центральной агроклиматической зоне Краснодарского края.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. Сведения по содержанию титана в почвообразующих породах и почвах Краснодарского края приведены в ранее опубликованных работах [5, 8, 10].

Для выявления действия системы удобрения севооборота на содержание титана в почве 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. Определение титана проводили на спектрофотометре методом трех эталонов. Концентрацию элемента устанавливали, сопоставляя интенсивность аналитических линий титана в пробах и эталонах.

**Результаты исследований.** Средний уровень содержания титана в черноземе выщелоченном близок к кларку почв мира (таблица 3). Количество его постепенно возрастает с глубиной по профилю. Разница в содержании между материнской породой и иллювиальным горизонтом составляет 500-900 мг/кг или 7,4-13,2 %, а в отношении гумусового

горизонта это различие уже достигает до 1000-2500 мг/кг или 14,7-36,8 %. Следовательно, биогенного накопления титана, в гумусовом слое чернозема выщелоченного не происходит. Главным фактором, определяющим его количество в данной почве, является материнская порода.

Научно-обоснованная система удобрения культур севооборота позволяет решать задачи бездефицитного баланса элементов питания в системе «почва-растение-удобрение», увеличения количества и улучшения качества урожая. В то же время их применение – это активное влияние на природную среду. В почву с вносимыми удобрениями поступает большой набор химических элементов. Кроме того, в силу своей физиологической кислотности или щелочности, удобрения способны в той или иной степени влиять на физико-химические свойства почвы.

Таблица 3 – Содержание титана в черноземе выщелоченном

Горизонт	Глубина взятия образца, см	pH <sub>вод.</sub>	Содержание титана, мг/кг
A <sub>1</sub>	0-10	6,6	4300
	30-40	7,0	5800
B <sub>1</sub>	70-80	7,2	5900
B <sub>2</sub>	100-120	7,4	6300
C	210-220	8,4	9800

Применение минеральных удобрений в научно обоснованных дозах на полях севооборота в течение 33 лет практически не отразилось на содержании титана в черноземе выщелоченном (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние систематического применения минеральных удобрений на содержание титана в черноземе выщелоченном

Слой почвы, см	Содержание титана, мг/кг	
	без удобрений	N <sub>1740</sub> P <sub>1740</sub> K <sub>1160</sub>
0-20	4700	4800
21-40	5600	5600

В пахотном слое его количество возросло лишь на 2,1 %, а в подпахотном – оно такое же, как и в севообороте без удобрений. Обогащение верхнего слоя почвы титаном происходит вследствие десиликации горных пород при выветривании. Из-за малой растворимости минералов титана, они более продолжительное время остаются на месте, а значит, содержание элемента в почве возрастает. Как известно, минеральные удобрения, применяемые на полях севооборота, повышают интенсивность биологического круговорота веществ и тем самым усиливают процесс разрушения почвообразующих пород.

### Заключение

Почвообразующие породы в Краснодарском крае, особенно в горной зоне, где они весьма разнообразны, заметно различаются по содержанию титана. Мало его в известняках, мергелях, песчаниках, лессовидных суглинках, аллювиальных отложениях пойм и дельт рек. Богаты этим элементом аллювий глинистый, лессовидные глины и тяжелые суглинки.

Выветривание почвенных минералов и почвообразование приводит к более равномерному распределению титана в почвах, особенно в горной зоне края с пестрым сочетанием почвообразующих пород.

Содержание титана в черноземе выщелоченном близко к кларку почв мира – 4600 мг/кг. Количество его от материнского горизонта к гумусово-

аккумулятивному горизонту постепенно убывает, т.е. этот элемент характеризуется низким биологическим захватом.

Вносимые на полях минеральные удобрения, повышая интенсивность биологического круговорота веществ, усиливают процесс разрушения почвообразующих пород и как следствие повышают титановый статус почвы.

### Литература

1. Вадковская И.К. Химические элементы и жизнь в биосфере / И.К. Вадковская, К.И. Лукашев. – Минск: Высшая школа, 1981. – 175 с.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
3. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиса, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, И.В. Якушевская, А.Н. Тюрюканов. – М.: МГУ, 1959. – 67 с.
5. Корсунова М.И. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов на Кубани / М.И. Корсунова. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – 232 с.
6. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
7. Протасова Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ca, Be, Ba, Sr, B, J, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2003. – 368 с.
8. Тонконоженко Е.В. Титан в почвах и растениях Краснодарского края / Е.В. Тонконоженко, М.И. Корсунова // Почвоведение. 1974. № 3. – С. 38-45.
9. Шеуджен А.Х. Агробιοгеοхимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
10. Шеуджен А.Х. Агροхимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.
11. Шеуджен А.Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.

### References

1. Vadkovskaya I.K. Khimicheskiye elementy i zhizn' v biosfere / I.K. Vadkovskaya, K.I. Lukashev. – Minsk: Vysheyshaya shkola, 1981. – 175 s.
2. Vinogradov A.P. Geokhimiya redkikh i rasseyannykh khimicheskikh elementov v pochvakh / A.P. Vinogradov. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1957. – 238 s.
3. Kabata-Pendias A. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh / A. Kabata-Pendisa, K.H. Pendias. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
4. Kovda V.A. Mikroelementy v pochvakh Sovetskogo Soyuza / V.A. Kovda, I.V. Yakushevskaya, A.N. Tyuryukanov. – M.: MGU, 1959. – 67 s.
5. Korsunova M.I. Biogeokhimiya i agrokhimiya mikroelementov na Kubani / M.I. Korsunova. – Krasnodar: KubGAU, 2006. – 232 s.
6. Perel'man A.I. Geokhimiya / A.I. Perel'man. – M.: Vysshaya shkola, 1989. – 528 s.

7. Protasova N.A. Mikroelementy (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ca, Be, Ba, Sr, B, J, Mo) v chernozemakh i serykh lesnykh pochvakh Tsentral'nogo Chernozem'ya / N.A. Protasova, A.P. Shcherbakov. – Voronezh: Voronezh. gos. un-t, 2003. – 368 s.

8. Tonkonozhenko Ye.V. Titan v pochvakh i rasteniyakh Krasnodarskogo kraya / Ye.V. Tonkonozhenko, M.I. Korsunova // Pochvovedeniye. 1974. № 3. – S. 38-45.

9. Sheudzhen A.KH. Agrobiogeokhimiya / A.KH. Sheudzhen. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – 877 s.

10. Sheudzhen A.KH. Agrokhimiya / A.KH. Sheudzhen, V.T. Kurkayev, N.S. Kotlyarov. – Maykop: Izd-vo «Afisha», 2006. – 1075 s.

11. Sheudzhen A.KH. Biogeokhimiya / A.KH. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2003. – 1028 s.