

УДК: 633.11«324»:631.416.9:631.445.4

UDC:633.11«324»:631.416.9:631.445.4

**ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ  
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПОД ОЗИМОЙ  
ПШЕНИЦЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ  
РЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ ЧЕРНОЗЕМА  
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО**

**THE CHANGE OF TRACE ELEMENTS UNDER  
WINTER WHEAT AS A RESULT OF  
REMINEERALIZATION OF BLACK LEACHED  
SOIL**

Цховребов Валерий Сергеевич  
д.с.-х.н., профессор

Tshovrebov Valeriy Sergeevich  
Dr.Sci.Agr., professor

Лысенко Изольда Олеговна  
д.б.н., доцент

Lysenko Izolda Olegovna  
Dr.Sci.Biol., associate professor

Калугин Дмитрий Васильевич  
к.с.-х.н.  
*Ставропольский государственный аграрный  
университет, Ставрополь, Россия*

Kalugin Dmitriy Vasilevich  
Cand.Agr.Sci.  
*Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia*

Реминарализация чернозема выщелоченного осуществлялась путем внесения таких горных пород как: лессовидный суглинок, известняк-ракушечник, апатит, фосфогипс. Выявили, что внесение пород не существенно изменило содержание бора в течении вегетации. Содержание марганца по отношению к контролю увеличилось на 13-15 %, меди на 25-30%, цинка на 35-45%, кобальта на 25-30%, молибдена в 2-3 раза, и особенно при совместном внесении горных пород. Сезонная динамика выражена, но не поддается определенной закономерности

Remineralization of leached black soil was carried out by making such rocks as loess-like loam, shell limestone, apatite phosphogypsum. It was revealed, that the introduction of species did not change substantially the content of boron during the growing season. The manganese content in relation to the control increased by 13-15%, 25-30% for copper, zinc, 35-45%, 25-30% cobalt, and molybdenum in 2-3 times, and especially when combined application of rock. Seasonal dynamics was expressed, but does not give definite pattern

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЁМ  
ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, РЕМИНЕРАЛИЗАЦИЯ,  
ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

Keywords: LEACHED BLACK SOIL,  
REMINEERALIZATION, MOUNTAINOUS ROCK,  
MICROELEMENTS

Микроэлементы играют весьма важную роль в жизни растений: они входят в состав ферментов, участвующих в различных метаболических процессах, повышают устойчивость растений к болезням и неблагоприятным условиям внешней среды. Недостаток микроэлементов существенно снижает плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственных культур[1,2,4,6].

Микроэлементы в почвах содержатся в различных соединениях. Одни находятся в виде окислов и входят в состав почвенных минералов и

органических соединений, другие – в поглощенном состоянии на поверхности почвенных коллоидов.

Главным источником микроэлементов в почвах являются почвообразующие породы. Содержание микроэлементов в материнских породах зависит от гранулометрического состава. В породах тяжелого механического состава микроэлементов гораздо больше по сравнению с легкими.

В агроценозах при биологической разомкнутости экологической цепи происходит постоянное отчуждение различных элементов питания вместе с выращенным урожаем. В этих условиях неминуемо снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий[3]. Вносимые удобрения, как правило, содержат макроэлементы питания, а увеличение вместе с ними микроэлементов незначительно. Таким образом, на пашне усиливается дефицит микроэлементов по сравнению с естественными угодьями. Решение этой проблемы является важнейшей задачей земледелия[7].

Бор оказывает большое влияние на метаболизм и транспорт углеводов в растениях; при недостатке бора отток углеводов из листьев в корнеплоды и клубнеплоды задерживается. Дефицит бора снижает количество оплодотворенных цветков, понижает фиксацию атмосферного азота клубеньковыми растениями.

Марганец образует ряд минералов, в которых он обычно присутствует в виде ионов  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ , или  $Mn^{4+}$ , однако чаще всего в породообразующих силикатных минералах встречается его окисленное состояние +2. Катион  $Mn^{2+}$  обладает способностью замещать двухвалентные катионы некоторых элементов ( $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) в силикатах и оксидах.

При выветривании в атмосферных условиях соединения марганца окисляются, а образующиеся при этом оксиды вновь осаждаются и снова

концентрируются в виде вторичных минералов. Поведение марганца исключительно сложное и зависит от различных факторов, из которых наибольшее значение имеют рН и Eh среды.

Медь образует большое число минералов, из которых наиболее распространены первичные минералы – простые и сложные сульфиды (CuS). Они довольно легко растворяются при выветривании и высвобождают ионы меди. Особенно характерно это для кислых сред. Поэтому медь считается одним из наиболее подвижных тяжелых металлов в гипергенных процессах.

Однако катионы меди обладают многообразными свойствами и в почвах и осадках проявляют большую склонность к химическому взаимодействию с минеральными и органическими компонентами. Ионы меди могут также легко осаждаться такими анионами, как сульфид (CuS), карбонат (CuCO<sub>3</sub>) и гидроксид (Cu(OH)<sub>2</sub>). В итоге медь – относительно малоподвижный элемент в почвах, и ее суммарные содержания обнаруживают сравнительно слабые вариации в почвенных профилях.

Медь поглощается как минеральными, так и органическими коллоидами почвы. Так же, как и цинк, она более подвижна при низких значениях рН почвы, но при рН 5,5 выпадает в осадок в виде гидроокиси. Известкование почвы и высокий уровень содержания фосфатов снижают подвижность меди в почве в связи с плохой растворимостью карбонатов и фосфатов меди.

Цинк присутствует в породах главным образом в виде простого сульфида ZnS, а также замещает Mg<sup>2+</sup> в силикатах.

При растворении минералов цинка в процессе выветривания образуется подвижный ион Zn<sup>2+</sup>, особенно в кислых, окислительных средах. Однако цинк легко адсорбируется как минералами, так и органическими компонентами, поэтому в большинстве типов почв наблюдается его аккумуляция в поверхностных горизонтах.

Баланс цинка в поверхностных слоях почв в различных экосистемах показывает, что атмосферное поступление этого металла превышает его вынос за счет выщелачивания и образования биомассы.

В геохимических циклах кобальт тесно связан с железом и марганцем. Однако его судьба в процессах выветривания, а также характер распределения в отложениях и почвенном профиле, по-видимому, сильно зависят от образования окисных форм марганца.

В связи с тем, что кобальт может менять валентность, его растворимость в почве зависит от окислительно-восстановительных условий. Растворимость кобальта падает с повышением рН почвы. Уже при рН 6,8 начинают выпадать в осадок гидраты кобальта.

Молибден, в отличие от вышперечисленных элементов, менее подвижен в кислых почвах, где он связывается обменным алюминием. Факторами, повышающими его подвижность, являются известкование и внесение в почву фосфорных удобрений. Это связано с уменьшением в почве подвижного алюминия и образованием легкодоступных для растений комплексных фосфат-молибденовых анионов.

Выщелоченные чернозёмы за счет процессов выщелачивания обеднены многими макро- и микроэлементами питания. Выщелачивание в любой почве связан с переходом щелочных и щелочноземельных элементов в подвижное состояние и вынос их вниз по профилю. С каждым урожаем отчуждается значительная часть микроэлементов, что способствует истощению почв[5].

Исследования проводились на опытной станции Ставропольского агроуниверситета на черноземах выщелоченных мощных малогумусных тяжелосуглинистых сложенных на элювии лессовидных суглинков. В целях повышения плодородия почв вносились следующие горные породы: апатит (в дозе 1,5 и 3,0 т/га), известняк-ракушечник (6,0 и 12,0 т/га), фосфогипс (12,0 т/га), лессовидный суглинок (40 т/га). Апатит вносили

для устранения дефицита фосфора, известняк-ракушечник для устранения недостатка кальция и некоторых микроэлементов, фосфогипс для устранения дефицита серы и кальция. Лессовидный суглинок является материнской породой для этих почв. В процессе почвообразования продукты выветривания удалены из почвенного горизонта и аккумулярованы в породе. Таким образом, при внесении почвообразующей породы в почву было внесено все, что ранее было разрушено и удалено. Производили отдельное и совместное внесение горных пород. Опыт заложен в 2006 году. В 2011 году высевалась озимая пшеница по подсолнечнику.

Исследования проводились в различные сроки и фазы вегетации: перед посевом, ранневесеннее кущение, цветение, молочной и полной спелости озимой пшеницы.

После проведения химического анализа используемых горных пород выявили, что они обладают значительными количествами микроэлементов (таблица 1). Так содержание цинка в известняке-ракушечнике и апатите достигает 1,5 и 1,3% соответственно. Содержание молибдена в исследуемых породах больше, чем в почве в 100-200 раз. Марганца в известняке-ракушечнике 1,5%, а в апатите 2,3%. Внесение вместе с горными породами такого высокого количества валовых форм микроэлементов не может не сказаться на содержании их подвижных форм в почве.

Таблица 1- Содержание микроэлементов в горных породах(%)

Горная порода	В мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Co мг/кг	Mo мг/кг
Лессовидный суглинок	0,0119	0,0251	0,0013	0,0051	0,0018	0,0005
Фосфогипс	0,10	1,0	0,01	0,05	0,03	0,05
Известняк-ракушечник	0,20	1,5	0,5	1,5	0,2	0,13
Апатит	0,15	2,3	0,4	1,3	0,09	0,1

Как показали исследования (таблица 2,3), внесение горных пород не оказало существенного влияния на содержание бора по годам исследований. Между вариантами опыта, его количество колеблется в пределах 1,20-1,32 мг/кг как по вариантам опыта так и по срокам исследований. Обеспеченность почвы по этому микроэлементу можно классифицировать как высокую.

На содержание остальных микроэлементов приёмы реминерализации оказали более значительное влияние. Так содержание марганца на контроле в среднем составляло 8,8-9,5 мг/кг. Применение мелиорантов обеспечивало увеличение в содержании этого микроэлемента в среднем на 1,3 – 3,0 мг/кг. Наилучший эффект был достигнут при совместном внесении горных пород. Причем применение пород более богатых марганцем не давало желаемого эффекта.

Содержание меди так же наименьшим было на контроле по всем годам исследований и составляло в среднем 0,23-0,30 мг/кг по фазам вегетации. Применение горных пород повысило содержание этого микроэлемента на 0,04-0,08 мг/кг при отдельном внесении и на 0,09-0,15мг/кг при совместном внесении пород.

Таблица 2- Сезонная динамика содержания бора, марганца и меди в черноземе выщелоченном в 2011г.

Варианты опыта	В мг/кг						Mn мг/кг						Cu мг/кг					
	ПО	КЩ	ВТ	ЦВ	МС	ПС	ПО	КЩ	ВТ	ЦВ	МС	ПС	ПО	КЩ	ВТ	ЦВ	МС	ПС
1 Контроль	1,20	1,20	1,20	1,18	1,26	1,18	9,5	9,2	8,8	8,5	9,2	8,5	0,27	0,24	0,23	0,26	0,28	0,30
2 Лессовидный суглинок 40 т/га	1,22	1,22	1,24	1,27	1,30	1,26	9,9	9,7	9,3	9,4	9,4	9,2	0,30	0,29	0,26	0,30	0,32	0,34
3 Известняк-ракушечник 6 т/га	1,30	1,26	1,25	1,20	1,25	1,15	10,3	9,6	9,2	10,3	10,2	9,6	0,34	0,31	0,28	0,33	0,33	0,37
4 Известняк-ракушечник 12 т/га	1,30	1,24	1,28	1,23	1,27	1,20	10,5	10,5	9,8	11,7	11,0	9,9	0,38	0,36	0,34	0,38	0,36	0,41
5 Апатит 1,5 т/га	1,24	1,24	1,25	1,25	1,25	1,15	10,5	9,6	9,3	9,8	9,6	9,3	0,32	0,30	0,30	0,30	0,31	0,33
6 Апатит 3 т/га	1,26	1,27	1,26	1,21	1,26	1,20	11,2	9,8	9,5	9,9	9,8	9,5	0,35	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34
7 Фосфогипс 12 т/га	1,25	1,25	1,23	1,22	1,27	1,15	11,2	9,5	9,0	10,6	10,5	10,2	0,32	0,27	0,28	0,31	0,34	0,35
8 Известняк-ракушечник 6 т/га+ апатит 1,5 т/га	1,25	1,27	1,24	1,25	1,26	1,20	10,5	9,4	9,1	10,8	9,9	9,8	0,34	0,32	0,33	0,34	0,36	0,37
9 Известняк-ракушечник 12 т/га +апатит 3 т/га	1,26	1,27	1,26	1,25	1,28	1,21	11,1	10,2	9,8	11,2	10,4	10,3	0,37	0,34	0,35	0,34	0,37	0,39
10 Известняк-ракушечник 6 т/га+ фосфогипс 12 т/га	1,22	1,26	1,27	1,30	1,30	1,26	11,4	10,3	10,2	11,4	11,0	11,2	0,38	0,36	0,34	0,36	0,39	0,40
11 Известняк-ракушечник 12 т/га +апатит 3 т/га+ фосфогипс 12 т/га	1,30	1,30	1,26	1,30	1,32	1,27	11,5	11,0	10,4	11,6	11,8	11,4	0,40	0,39	0,37	0,41	0,41	0,42
12 Лессовидный суглинок 40 т/га+известняк- ракушечник 12 т/га +апатит 3 т/га+фосфогипс 12 т/га	1,32	1,27	1,28	1,35	1,30	1,30	11,7	10,8	10,8	11,3	11,7	11,3	0,39	0,40	0,39	0,42	0,40	0,43

Условные обозначения: ПО-посев; КЩ- кущение; ВТ- выход в трубку; ЦВ - цветение; МС - молочная спелость; ПС – полная спелость

Таблица 3- Сезонная динамика содержания цинка, кобальта и молибдена в черноземе выщелоченном в 2011г.

Варианты опыта	Zn мг/кг						Co мг/кг						Mo мг/кг					
	ПО	КЩ	ВТ	ЦВ	МС	ПС	ПО	КЩ	ВТ	ЦВ	МС	ПС	ПО	КЩ	ВТ	ЦВ	МС	ПС
1 Контроль	0,22	0,18	0,21	0,20	0,20	0,22	0,045	0,052	0,048	0,042	0,045	0,040	0,033	0,030	0,024	0,028	0,026	0,031
2 Лессовидный суглинок 40 т/га	0,26	0,22	0,24	0,25	0,23	0,27	0,054	0,062	0,058	0,051	0,055	0,045	0,049	0,035	0,035	0,041	0,035	0,038
3 Известняк-ракушечник 6 т/га	0,29	0,24	0,25	0,27	0,27	0,29	0,056	0,065	0,062	0,053	0,060	0,050	0,059	0,049	0,044	0,044	0,041	0,049
4 Известняк-ракушечник 12 т/га	0,34	0,29	0,28	0,36	0,32	0,34	0,059	0,068	0,066	0,060	0,068	0,058	0,070	0,060	0,061	0,063	0,053	0,059
5 Апатит 1,5 т/га	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,27	0,055	0,056	0,056	0,052	0,050	0,045	0,044	0,038	0,038	0,040	0,038	0,044
6 Апатит 3 т/га	0,29	0,27	0,28	0,27	0,26	0,29	0,056	0,058	0,059	0,054	0,054	0,052	0,049	0,041	0,044	0,046	0,041	0,053
7 Фосфогипс 12 т/га	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,28	0,054	0,054	0,056	0,050	0,055	0,050	0,057	0,061	0,059	0,052	0,045	0,053
8 Известняк-ракушечник 6 т/га+ апатит 1,5 т/га	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28	0,30	0,060	0,058	0,063	0,055	0,058	0,054	0,061	0,063	0,065	0,060	0,052	0,055
9 Известняк-ракушечник 12 т/га +апатит 3 т/га	0,34	0,30	0,32	0,30	0,30	0,35	0,068	0,069	0,068	0,060	0,072	0,062	0,069	0,071	0,078	0,075	0,071	0,057
10 Известняк-ракушечник 6 т/га+ фосфогипс 12 т/га	0,32	0,32	0,27	0,28	0,31	0,30	0,063	0,064	0,065	0,060	0,066	0,060	0,070	0,070	0,075	0,070	0,065	0,059
11 Известняк-ракушечник 12 т/га +апатит 3 т/га+ фосфогипс 12 т/га	0,37	0,34	0,29	0,34	0,35	0,38	0,072	0,082	0,084	0,062	0,070	0,064	0,088	0,080	0,085	0,085	0,072	0,063
12 Лессовидный суглинок 40 т/га+ известняк-ракушечник 12 т/га +апатит 3 т/га+фосфогипс 12 т/га	0,35	0,35	0,32	0,31	0,34	0,36	0,070	0,075	0,086	0,060	0,068	0,062	0,090	0,073	0,080	0,080	0,071	0,061

Условные обозначения: ПО-посев; КЩ- кущение; ВТ- выход в трубку; ЦВ - цветение; МС - молочная спелость; ПС – полная спелость

Подвижного цинка на контроле 0,18-0,22 мг/кг. Наибольшее увеличение содержания этого элемента питания оказало внесение известняка ракушечника (на 0,10 - 0,12 мг/кг). Совместное применение горных пород повысило содержание подвижного цинка в 1,6-1,8 раза. Между фазами вегетации, какой либо закономерности изменения количества этого элемента выявить не удалось.

При содержании подвижного кобальта на контроле в пределах 0,042-0,052 мг/кг внесение горных пород позволило увеличить этот показатель в 1,5-1,7 раза при раздельном и в 1,7-2,0 раза при совместном внесении пород. Наибольшая разница была в фазы активного роста и развития культуры. Тем не менее, обеспеченность почвы по этому элементу низкая.

Наиболее заметно увеличение в содержании молибдена. На контрольном варианте с 0,024-0,33 мг/кг его количество возрастает до 0,38-0,50 мг/кг при раздельном и до 0,70-0,90 мг/кг (т.е. в 2,5-3,0 раза) при совместном внесении горных пород.

Таким образом, внесение горных пород различного генезиса способно существенно увеличить содержание подвижных форм микроэлементов. Это неизбежно положительно скажется на плодородии черноземов выщелоченных и продуктивности сельскохозяйственных культур.

#### Список литературы

1. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана/ В.А. Ковда. – М.: Наука, 1981. – С.182.
2. Слюсарев, В.Н. Свойства черноземов Западного Предкавказья и обеспеченность их серой./ В.Н. Слюсарев. // Труды Куб. Гос. агр. ун-та. Вып.2. Краснодар,- 2006. С. 157-165.
3. Дорожко Г.Р., Вольтерс И.А. Влияние предшественников озимой пшеницы на строение пахотного слоя почвы// Аграрная наука. 2007, № 4. – С. 11-12.

4. Войсковой А.И., Балацкий М.Ю., Галкин А.П. Динамика изменения качества зерна пшеницы, возделываемой в Ставропольском крае// Агрехимический вестник. 2011, №4.-С.6-7.

5. Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.А., Подколзин О.А. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием оптимизации систем удобрений в севообороте// Проблемы агрохимии и экологии. 2009, №1. –С. 3-7.

6. Цховребов В.С., Калугин Д.В., Фаизова В.И., Новиков А.А. Применение горных пород в качестве удобрения подсолнечника// Агрехимический вестник. – 2011.-№4. С.- 14.

7. Фаизова В.И., Лысенко В.Я., Марьин А.Н. Сравнительная характеристика черноземов обыкновенных и солонцеватых зон неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Материалы V Съезда Докучаевского общества почвоведов им. В.В. Докучаева.- Ростов-на-Дону, 2008. – С.314.