

УДК 57.044

UDC 57.044

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agriculture

**ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ПОЧВ ПРИГОРОДА
ВЛАДИКАВКАЗА ТЯЖЕЛЫМИ
МЕТАЛЛАМИ, НАКОПЛЕНИЕ ИХ В
ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЕ И ЗЕРНЕ
ТРИТИКАЛЕ**

**POLLUTION OF THE SUBURB OF
VLADIKAVKAZ SOILS WITH HEAVY
METALS AND THEIR ACCUMULATION IN
VEGETATIVE MASS AND GRAIN OF
TRITICALE**

Босиева Ольга Исламовна
к.с.-х.н., доцент

Bosieva Olga Islamovna
Candidate of Agricultural Sciences, Associate
Professor

Плиева Елизавета Алихановна
к.с.-х.н., доцент

Plieva Elizabeth Alihanovna
Candidate of Agricultural Sciences, Associate
Professor

Джиоева Галина Федоровна
к.с.-х.н., доцент

Dzhioeva Galina Fedorovna
Candidate of Agricultural Sciences, Associate
Professor

Доева Ася Таймуразовна
к.с.-х.н., доцент
*Горский государственный аграрный университет,
Владикавказ, Россия*

Doeva Asya Taymurazovna
Candidate of Agricultural Sciences, Associate
Professor
Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

В работе изучено влияние антропогенного загрязнения на фитотоксичность почв и растений тритикале в пригороде города Владикавказа. Объектами исследований явились дерново-глеевые выщелоченные почвы и растения разных сортов тритикале. Исследования проводились в 2010-11 г.г. на кафедре биологии Горского государственного аграрного университета. В статье приведены данные по содержанию микроэлементов в почвах и растениях в черте влияния промышленных предприятий города Владикавказа. Отмечено изменение подвижности микроэлементов в почве и активности поступления их в растения при внесении удобрений. Исследованы сортовые особенности накопления микроэлементов в вегетативной массе тритикале. Проведенные исследования являются информативными для мониторинга состояния почв и растений в условиях антропогенного загрязнения. В работе указано, что при применении удобрений, особенно высоких доз, возрастает опасность аккумуляции в почве и включения в биологический круговорот отдельных микроэлементов (в том числе тяжелых металлов) в концентрациях токсичных для растений, животных и человека. Наибольшую опасность среди ТМ представляют ртуть, кадмий, свинец. Для оценки их содержания мы использовали кратность превышения ПДК. Результаты исследования могут быть использованы при мониторинге и диагностике состояния почв и растений зерновых культур, разработки региональных природоохранных нормативов

The impact of anthropogenic pollution on soil phytotoxicity and on triticale plants in Vladikavkaz suburb was investigated in the work. The objects of the study were sod-gley leached soils and different varieties of triticale plants. The research was conducted in 2010-2011 at the Department of Biology of Gorsky State Agrarian University. The article gives data on microelements content in soils and plants within the range of influence of Vladikavkaz industrial enterprises. There was a marked change of microelements' mobility in soil and activity of their penetration into plants during fertilization. The sort characteristics of microelements' accumulation in vegetative mass of triticale were researched. The conducted research is informative for soil and plant condition monitoring in anthropogenically polluted environment. The work indicates the increasing danger of microelements (including heavy metals) accumulation in soil and their inclusion in biological cycle in concentration that is too toxic for plants, animals and people during the usage of fertilizers, especially their high doses. The most dangerous among heavy metals are mercury, cadmium and lead. We used MPC rate of excess to estimate the content of these metals. The results of the research can be used in soil and cereal plant condition monitoring and diagnosis and in development of regional environmental regulation

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В УДОБРЕНИЯХ

Keywords: POLLUTION, HEAVY METALS, SOIL AND PLANT PHYTOTOXICITY, MICROELEMENTS IN FERTILIZERS

Doi: 10.21515/1990-4665-126-015

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, многие биогенные микроэлементы, имеющие атомную массу более 40 и плотность более 5 г/см³, могут накапливаться в почвах и растениях в токсичных для животного организма концентрациях. Набор этих элементов (тяжелых металлов) велик (Be, Co, Ni, Си, Zn, Sn, Ti, Rb, Ag, Cd, Au, Hg, Pb, Sb, Bi, Pt).

Среди тяжелых металлов наибольшую опасность представляют ртуть, кадмий, свинец. По решению ЮНЕП в 1980 г. к ним добавлены еще десять металлов (V, Co, Mo, Mn, Ni, Sn, Cr, Zn, Ti) и три металлоида - As, Se, Sb [6]. Для оценки их содержания и экологического статуса почв рекомендовано использовать кратность превышения предельно-допустимой концентрации (ПДК) конкретного загрязнителя с дифференциацией анализируемых веществ по классам их опасности.

Набор токсичных элементов в почве прежде всего определяется насыщенностью ими горных пород. Различия в концентрации отдельных элементов в породах разного гранулометрического состава достигают 10 и более раз [4;5;7]. Меньшая разница в песчаных и супесчаных почвообразующих породах, а большая в суглинках и глинистых. Однако многие производители сельскохозяйственной продукции Республики Северная Осетия-Алания, расположенные в непосредственной близости от промышленных предприятий, аэро- и гидрогенным путем также способствуют загрязнению почв. Из почвы ксенобиотики поступают в растения и далее по цепи питания в организмы животных и человека [1;2;12].

Доказано, что загрязнение почвы осуществляется аэро- или гидрогенным путем, но имеет место и загрязнение, связанное с выполнением технологических процессов при возделывании сельскохозяйственных культур. В связи с этим во многих районах республики отмечено накопление ТМ в почвах, откуда и происходит поступление элементов в вегетативные и генеративные органы растений.

К основным технологическим факторам, загрязняющим почву, часто относят применение минеральных, известковых и органических удобрений. Как источник питания растений и увеличения урожайности, удобрения изучаются давно, а как фактор, влияющий на содержание ТМ в почве и растениях, исследования ведутся относительно недавно. Здесь следует иметь в виду, что, с одной стороны, в составе удобрений могут быть ТМ, которые потенциально способны загрязнять почву, растения, с другой – удобрения, изменяя агрохимические свойства почвы, могут влиять на подвижность ТМ и их поступления в растения. Поэтому, рассматривая систему почва - растение - удобрение, необходимо оценивать потенциальную роль удобрений, как вероятного загрязнителя почвы.

Цель работы – изучение влияния загрязнения тяжелыми металлами почв и растений тритикале в черте влияния промышленных предприятий города Владикавказа и применении удобрений.

Были поставлены следующие задачи:

1. Д
ать оценку содержания тяжелых металлов в дерново-глеевой выщелоченной почве при антропогенных факторах воздействия на агроэкосистемы.
2. В
ыявить основные ТМ – загрязнители почв и растений тритикале и включение их в биологический круговорот.

3. И
зучить особенности накопления ТМ в вегетативной массе и зерне тритикале разных сортов.

Результаты исследования могут быть использованы при мониторинге и оценке неблагоприятного воздействия промышленных предприятий, применении удобрений, учете опасности аккумуляции в почве ТМ и включении их в биологический круговорот.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в 2010-11гг. на кафедре биологии в ГГАУ. Объектами исследований явились почвы и растения тритикале опытного участка расположенного в трёх километрах от завода «Электроцинк» и других промышленных предприятий города Владикавказа. Исследования проводились на дерново-глеевой выщелоченной почве, образцы брали почвенным буром на глубине 0-20; 20-40см. Растительные и почвенные образцы исследовали по общепринятым методикам [8,9,11] В качестве удобрений применялись простые удобрения: аммиачная селитра, простой суперфосфат, калийная соль. За контроль приняли вариант без удобрений. В работе использованы сорта тритикале АД-206, Ставропольский 1. Повторность опытов четырёхкратная.

Содержание тяжелых металлов в почве и растительных образцах определяли рентгенфлуоресцентным методом на энергодисперсионном спектрометре с возбуждением пробы от ренгеновской трубки модели «ОПТЕК-611-ТЕФА» производства США и атомно-адсорбционным методом на приборе Pekin-Elmer 5100РС .

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с вредностью избыточного поступления тяжелых металлов (ТМ) для животных и человека мы попытались установить активность их

поглощения (и накопления) растениями тритикале (гибрид между пшеницей и рожью) - высокоурожайной зерновой и кормовой культуры, созданной человеком. Растения выращивали в учебно-опытном хозяйстве Горского государственного аграрного университета. Участок расположен между г. Владикавказ и с. Октябрьское в 200 м от автотрассы.

Наряду с вышеотмеченным, одним из источников поступления тяжелых металлов в почву является применение удобрений. По данным С. Мэттигод и А. Пэдж [2;3], азотные удобрения содержат Си от следов до 800 мг/кг, а фосфорные - от следов до 3000 мг/кг.

Наибольшее количество примесей микроэлементов в почву, по нашим данным, поступает с фосфорными удобрениями, наименьшее - с азотными (табл. 1). Так, содержание свинца в простом суперфосфате в расчете на 1 кг туков составляет 42 мг, в калийной соли - 6 мг/кг, а в аммиачной селитре – 0,25 мг/кг.

Таблица - 1

**СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
УДОБРЕНИЯХ**

Удобрение	Содержание элемента, мг/кг					
	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr
Аммиачная селитра	0,25	0,5	1,0	0,3	0,9	0,6
Суперфосфат простой	42,5	19,3	14,3	3,5	24,8	10,0
Калийная соль	6,0	30,0	10,0	2,5	19,3	0,5

При внесении 90 кг/га азота (в виде аммиачной селитры) в почву попадает 66 мг РЬ и 132 мг Zn, а при внесении 70 кг/га Р (в виде простого суперфосфата) вносится 15456 и 6992 мг РЬ и Zn. В целом суммарное количество шести микроэлементов, поступающих в почву, в наших опытах колеблется от 52 до 81 г/га (табл. 2). Основную расходную часть баланса микроэлементов составляет отчуждение их с урожаем.

Как видно из таблицы, по накоплению в зерне тритикале тяжелые металлы можно расположить в следующем убывающем порядке: Zn > Си > Ni > РЬ > Cd > Сг. Большую долю отчуждаемых элементов составляет Zn (448-957 г/га), а наименьшую - Сг (0,192 - 0,385 г/га).

Таблица - 2

**ПОКАЗАТЕЛИ КРУГОВОРОТА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОСЕВАХ
ТРИТИКАЛЕ**

Удобрения, кг/га	Элемент, мг/кг					
	РЬ	Zn	Cu	Cd	Ni	Сг
Внесено в почву с удобрениями г/га						
N ₉₀ P ₇₀ K ₅₀	16,3	10,9	6,7	1,6	13,1	3,9
N ₁₃₅ P ₇₀ K ₅₀	16,3	10,9	6,8	1,7	13,2	3,9
N ₉₀ P ₁₀₅ K ₅₀	24,0	15,3	9,3	2,3	17,8	5,7
N ₁₃₅ P ₁₀₅ K ₅₀	24,1	15,4	9,5	2,3	17,9	5,8
N ₁₃₅ P ₁₀₅ K ₁₀₀	25,0	18,2	10,6	2,7	19,1	5,9
N ₁₈₀ P ₁₀₅ K ₁₀₀	25,0	18,3	10,7	2,7	19,2	6,0
Накоплено в зерне, г/га						
Без удобрений	5,7	448	26,4	1,37	19,2	0,192
N ₉₀ P ₇₀ K ₅₀	10,2	654	47,6	2,86	22,9	0,385
N ₁₃₅ P ₇₀ K ₅₀	11,8	868	57,7	—	48,5	—
N ₉₀ P ₁₀₅ K ₅₀	10,0	744	40,5	—	24,6	—
N ₁₃₅ P ₁₀₅ K ₅₀	—	774	62,8	—	48,9	—
N ₁₃₅ P ₁₀₅ K ₁₀₀	—	957	54,1	—	37,2	—
N ₁₈₀ P ₁₀₅ K ₁₀₀	—	833	46,6	—	49,9	—
Баланс (±), г/га						
Без удобрений	-5,7	-448	-26,4	-1,37	-19,2	-0,192
N ₉₀ P ₇₀ K ₅₀	+6,1	-644	-40,9	-1,16	+9,8	+3,5
N ₁₃₅ P ₇₀ K ₅₀	+12,2	-857	-50,9	—	+35,3	—
N ₉₀ P ₁₀₅ K ₅₀	+14,0	-729	-31,2	—	+6,8	—
N ₁₃₅ P ₁₆₅ K ₅₀	—	-758	-53,3	—	+31,0	—
N ₁₃₅ P ₁₀₅ K ₁₀₀	—	-939	-85,1	—	+ 18,1	—
N ₁₈₀ P ₁₀₅ K ₁₀₀	—	-815	-72,6	—	+30,7	—

Примечание. Отсутствие цифр означает, что данные отсутствуют.

Рассчитанные показатели баланса (по приходу с удобрениями и выносу с зерном) свидетельствуют, что внесение удобрений может способствовать накоплению в почве свинца, никеля и хрома. Расходная часть баланса складывается из цинка, меди и кадмия.

Приведенные сведения о балансе различных элементов являются приблизительными, т.к. основаны только на их поступлении с удобрениями и отчуждении с урожаем. Не учтены нами показатели, складывающиеся из поступления с семенами, средствами химизации, атмосферными осадками, которые при подобных расчетах имеют существенное значение. Однако полученные сведения являются полезными для принятия научных и практических решений реабилитации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Поскольку уровень содержания химических элементов в растениях в определенной мере коррелирует с их количеством в почве, считается целесообразным осуществлять нормирование микроэлементов и ТМ по их концентрации в почве. При нормировании используют два подхода - по показателям, характеризующим внутреннее состояние изучаемых объектов, либо по показателям, характеризующим состояние объектов, сопряженных с изучаемым. Медики и гигиенисты почвенный уровень нормирования подразделяют на транслокационное (переход элемента в растение), миграционное воздушное (переход в воздух), миграционное водное (переход в воду) и общесанитарное, гигиеническое (влияние на самоочищающую способность почвы и почвенный микробиоценоз).

В связи с тем, что поступление микроэлементов в растения в основном определяется их подвижным фондом в почве, мы охарактеризовали степень загрязненности опытного поля этими формами тяжелых металлов (табл. 3).

Таблица - 3

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ
ОПЫТНОГО ПОЛЯ ПОДВИЖНЫМИ ФОРМАМИ ТЯЖЕЛЫХ
МЕТАЛЛОВ**

Показатель	Элемент					
	РЬ	Zn	Cu	Ni	Cd	Сг
ПДК ² , мг/кг	0,3	23	3	4	5	6
Содержание в почве, мг/кг	<u>3,3 – 4,1</u> 3,7	<u>35 – 53</u> 44	<u>9 – 12</u> 11	<u>6 – 9</u> 7	<u>1,7 – 2,1</u> 1,8	<u>11 – 15</u> 13
Отклонение от ПДК, %	+ 1249	+ 191	+ 369	+187	- 63	+ 196

Примечание: Содержание ТМ в почве показано в диапазонах колебаний (над чертой) и в средних значениях (под чертой).

Отклонения от ПДК приведены для средних показателей содержания ТМ в почве.

Установлено, что кроме кобальта содержание всех тяжелых металлов (для которых установлены ПДК) значительно выше предельно допустимых концентраций. Так, содержание свинца превышает ПДК на 1123- 1376%, а меди-326-413%.

Обобщение результатов отечественных и зарубежных опытов, предпринятое [10], показывает, что усредненные для разных растений пределы колебаний нормальных и критических концентраций элементов в растениях колеблются в широком диапазоне (табл. 4); например, для Сг критические концентрации составляют 1-2 мг/кг, РЬ-10-20, а для Zn - 15 0-200 мг/кг.

Таблица - 4

**ПРЕДЕЛЫ КОЛЕБАНИЙ НОРМАЛЬНЫХ И КРИТИЧЕСКИХ
КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ**

Элемент	Нормальные концентрации, мг/кг сухой массы	Критические концентрации, мг/кг сухой массы	Концентрация в тритикале, мг/кг	
			вегет. масса	зерно
Zn	15-150	150-200	238-376	108- 170
Cu	2-12	15-20	4-11	7-11
Cd	0,05 – 2	5-10	1,5-3	—
Pb	0,1-5	10-20	3-6	1,7-1,9
Cr	0,2-1	1-2	0,5-1	—
Ni	0,4-3	20-30	2-4	4-13
Co	0,3 - 0,7	10-20	0,02 - 0,06	0,01-0,09

Сопоставление этих данных с нашими экспериментальными показателями концентрации ТМ свидетельствует, что, несмотря на накопление в почве значительных количеств отдельных элементов, их поступление и накопление в тритикале осуществляется в пределах нормы. Исключением служит цинк, содержание которого в вегетативных органах и зерне тритикале достигает критических уровней.

В связи с этим следует отметить, что в растениях тритикале функционируют физиологические "барьеры" на границе почва - корень. Накопление микроэлементов определяется и сортовыми особенностями. Одним из важнейших биогенных элементов является медь. По нашим данным содержание Си в биомассе тритикале (в листьях и стеблях) колеблется от 3,59 до 11,12 мг/кг.

Более высокой концентрацией меди характеризуются надземные органы тритикале в фазу цветения. В более поздние сроки содержание ее в вегетативных частях растений снижалось, но в зерне накапливалось значительное количество Си (до 12,64 мг), (таб. 5).

Содержание Си в зерне разнится по сортам. Например, в зерне тритикале сорта АД - 206, содержание Си колебалось в пределах 7,07-11,02 мг/кг, а в сорте Ставропольский - 1 - 9,13-12,64 мг/кг.

Таблица - 5

**СОРТОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНЕ
РАЗНЫХ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ**

Элемент, мг/кг	Сорт	
	АД 206	Ставропольский 1
Cu	$\frac{7,07 - 11,02}{8,86}$	$\frac{9,13 - 12,64}{10,97}$
Zn	$\frac{119 - 170}{145}$	$\frac{86 - 125}{105}$
Mn	$\frac{32 - 46}{39}$	$\frac{49 - 73}{61}$
Pb	$\frac{0,7 - 1,2}{0,95}$	$\frac{0,8 - 1,1}{0,95}$

Тритикале на почвах экспериментального поля концентрирует в зерне и вегетативной массе значительное количество цинка. Так, в подземной биомассе (в фазу цветения) содержалось цинка 238 - 268 мг/кг, а в созревшем зерне до 170 мг/кг. Есть сортовые различия. Сорт АД 206 накапливает цинка на 30% больше сорта Ставропольский 1.

Содержание марганца зависит от возраста растений. Так, его концентрация в фазу цветения роста Ставропольский 1 колебалась в пределах 44-73 мг/кг, а в фазу полной спелости 17-57 мг/кг. Есть сортовые различия в накоплении марганца. Ставропольский 1 накапливает марганца больше, чем АД - 206 на 35 %.

Свинец является токсичным элементом, и накопление его в больших количествах является нежелательным. Нормальным считают концентрацию свинца в биомассе в пределах 0,1-5 мг/кг. По нашим данным, содержание свинца в период полной спелости зерна в биомассе тритикале составляет 3,45-5,76 мг/кг. В зерне концентрация свинца была

значительно ниже – 0,7 - 1,20 мг/кг, что, видимо, связано с наличием барьерных механизмов в перемещении этого элемента в пределах растений. Сортовая специфика не выявлена при накоплении Pb.

Выводы

1. Дерново-глеевые выщелоченные почвы, расположенные в непосредственной близости от г.Владикавказа, характеризуются высоким (выше ПДК) содержанием Zn, Si, Pb, Ni и Сг. Однако их накопление (кроме Zn) в зерне и вегетативной массе тритикале не превышает критические показатели, что свидетельствует о наличии физиологических "барьеров" на границе почва - корень.
2. Возделывание тритикале на дерново-глеевых выщелоченных почвах сопровождается поступлением и накоплением в биомассе микроэлементов (в т.ч. и ТМ), что влияет на их баланс в системе почва - растение. Расходная часть баланса ТМ складывается из положительных (свинец, никель и хром) и отрицательных (цинк, медь, кадмий) статей отдельных элементов.
3. Вышеприведенные экспериментальные данные свидетельствуют о значительном влиянии основного (азотно-фосфорно-калийного) удобрения на поступление микроэлементов в тритикале. Это явление можно объяснить тем, что наряду с внесением микроэлементов в качестве примеси основного удобрения, влияют на щелочно - кислотный баланс почв, что также сказывается на снижении или усилении подвижности металлов.
4. Высокий уровень концентрации ТМ в исследуемых почвах свидетельствует об антропогенном их происхождении (близость автотрассы, предприятий металлургической промышленности, внесение удобрений и т.д.) и необходимости разработки приемов

противодействия дальнейшему развитию процесса загрязнения окружающей среды (почвы) тяжелыми металлами.

5. Установлены сортовые различия по накоплению микроэлементов. В зависимости от сорта содержание микроэлементов изменяется на 35-40%.

Выполненную работу по определению концентрационных показателей ТМ можно признать первым этапом мониторинга этих почв. В дальнейшем следует разработать простые и достаточно надежные прогностические модели поведения загрязняющих элементов в указанных почвах с целью прогноза уровней загрязнения. Итогом этой работы должна быть разработка приемов снижения загрязнения, устранение возможного негативного действия ТМ и научно обоснованное нормирование их поступления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Албегов Р.Б., Плиева Е.А /Особенности формирования урожая кукурузы в системе почва- удобрение- сорт на примере выщелоченных черноземов республики Северная Осетия – Алания// Владикавказ 2009.-183с.
2. Албегов Р.Б., Босиева О.И./ Продукционный процесс и продукционные возможности озимого тритикале в лесолуговой зоне республики Северная Осетия – Алания в системе почва-удобрение-растение// Владикавказ 2009. - 159 с.
3. Аргунова В.А., Малюкова Л.С. , Малинина М.С./ Состояние меди и цинка в бурых лесных почвах черноморского побережья // Химия в сельском хозяйстве. 1995. №5. с.28-30.
4. Головина Л.П., Лысенко М.Н., Александров А.М./ Геохимический фонд тяжелых металлов в почвах УССР// Химия в сельском хозяйстве. 1997. №2. с.52-54.
5. Глазовская М.А./ Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР// М.: Высшая школа. 1988. - 328с.
6. Давыдова С.Л./ О токсичности ионов металлов.// М.- Знание. 1991. 32с.
7. Ильин В.Б./ Тяжелые металлы в системе почва-растение // Новосибирск: Наука. СО. 1991. - 151 с
8. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф./ Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований// Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та. 2003.-204с.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии/. Под редакцией Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. -304с.
10. Минеев В.Г./ Агрохимия, биология и экология почвы. -М.: Росагропромиздат, 1990. - 195с.

11. Милащенко Н.З./ Программа исследований тяжелых металлов в Географической сети опытов со средствами химизации// Химия в с-х. 1995. №4. С.4-7.
12. Ягодин Б.А., Максимова Е.Н., Саблина С.М./ Проблемы микроэлементов в биологии // Агрохимия 1998. №7.-126-134 с.

References

1. Albegov R.B., Plieva E.A /Osobennosti formirovaniya urozhaja kukuruzy v sisteme pochva- udobrenie- sort na primere vyshhelochennyh chernozemov respublik Severnaja Osetija – Alanija// Vladikavkaz 2009.-183s.
2. Albegov R.B., Bosieva O.I./ Produkcionnyj process i produkcionnye vozmozhnosti ozimogo tritikale v lesolugovoj zone respublik Severnaja Osetija – Alanija v sisteme pochva-udobrenie-rastenie// Vladikavkaz 2009. - 159 s.
3. Argunova V.A., Maljukova L.S. , Malinina M.S./ Sostojanie medi i cinka v buryh lesnyh pochvah chernomorskogo poberezh'ja // Himija v sel'skom hozjajstve. 1995. №5. s.28-30.
4. Golovina L.P., Lysenko M.N., Aleksandrov A.M./ Geohimicheskij fond tjazhelyh metallov v pochvah USSR// Himija v sel'skom hozjajstve. 1997. №2. s.52-54.
5. Glazovskaja M.A./ Geohimija prirodnyh i tehnogennyh landshaftov SSSR// M.: Vysshaja shkola. 1988. - 328s.
6. Davydova S.L./ O toksichnosti ionov metallov.// M.- Znanie. 1991. 32s.
7. Il'in V.B./ Tjazhelye metally v sisteme pochva-rastenie // Novosibirsk: Nauka. SO. 1991. - 151 s
8. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F./ Biologicheskaja diagnostika i indikacija pochv: metodologija i metody issledovanij// Rostov n/D.: Izd-vo Rost.un-ta. 2003.-204s.
9. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii/. Pod redakciej D.G. Zvjaginceva. M.: Izd-vo MGU, 1991. -304s.
10. Mineev V.G./ Agrohimiya, biologija i jekologija pochvy. -M.: Rosagropromizdat, 1990. - 195s.
11. Milashhenko N.Z./ Programma issledovanij tjazhelyh metallov v Geograficheskoj seti opytov so sredstvami himizacii// Himija v s-h. 1995. №4. S.4-7.
12. Jagodin B.A., Maksimova E.N., Sablina S.M./ Problemy mikrojelementov v biologii // Agrohimiya 1998. №7.-126-134 s.