

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ (Mn, Mo, Zn, I) В ЖЕЛТОЗЕМНО-ГЛЕЕВЫХ ПОЧВАХ ЛЕНКОРАНСКОЙ СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И ИХ МИГРАЦИЯ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ (АЗЕРБАЙДЖАН)

А. Б. АХУНДОВА, Ш. Д. САЛИМОВА, Т. И. ЕЛМАРЛЫ

Институт Почвоведения и Агротехники,

г. Баку, Азербайджан, e-mail: axundova41@mail.ru, sh.salimova@rambler.ru, terlan.yelmarli099@gmail.com

(Поступила в редакцию 15.04.2024)

Учитывая требования большей информации в современных исследованиях о возникших экологических вопросах, в том числе и о региональных особенностях содержания и миграция микроэлементов Mn, Mo, Zn, I в почвах и накопления их в растениях Ленкоранской субтропической зоны Азербайджана, их обмена в системе почва-растение считается весьма актуальной задачей. Поводом для исследований в этом направлении послужило отсутствие информации вышеуказанных микроэлементов в псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах в этой зоне. В этих почвах валовое содержание Mn, Mo, Zn и I ниже среднего (Кларк) значений для почвы и отмечается заметное уменьшение величины их вниз по почвенному профилю. Подвижные формы исследуемых микроэлементов, так же, уменьшается с глубиной.

Величина коэффициента подвижности марганца, молибдена, цинка и йода в этих почвах имеет различные значение и такое явление можно объяснить, легким механическим составом и кислой реакцией среды.

В наших исследованиях представлены различные древесные растения (дуб, железное дерево, фейхоа, чай) приуроченные к месту закладки разрезов. Как показывает наши исследования, в почве при равнозначном количестве содержания микроэлементов, в растение поступает разное количество этих микроэлементов, так же, листья одного и того же растения, содержат исследуемых микроэлементов больше, чем ветви. Необходимо отметить, что, высокой концентрацией этих элементов, обладает повышенными показателями коэффициента биологического поглощения (КБП).

Ключевые слова: *микроэлементы, почва, растения, подвижность, концентрация, аккумуляция.*

Considering the requirements for more information in modern research on emerging environmental issues, including regional characteristics of the content and migration of microelements Mn, Mo, Zn, I in soils and their accumulation in plants of the Lankaran subtropical zone of Azerbaijan, their exchange in the soil-plant system is considered a very pressing issue.

The reason for research in this direction was the lack of information on the above-mentioned microelements in pseudo-podzolic yellow earth-gley soils in this zone. In these soils, the gross content of Mn, Mo, Zn and I is below the average (Clark) values for the soil and there is a noticeable decrease in their value down the soil profile. The mobile forms of the studied microelements also decrease with depth.

The mobility coefficient of manganese, molybdenum, zinc and iodine in these soils has different values and this phenomenon can be explained by the light mechanical composition and acidic reaction of the environment.

As our research shows, with an equal amount of microelements in the soil, the plant receives different amounts of these microelements; also, the leaves of the same plant contain more of the studied microelements than the branches. It should be noted that a high concentration of these elements has a high coefficient of biological independence.

Key words: *microelements, soil, plants, mobility, concentration, accumulation.*

Введение

Современные исследования требуют большей информации о возникших экологических вопросах, в том числе и о региональных особенностях содержания микроэлементов в почвах и накопления их в растениях.

В начале XX века В. И. Вернадский в своих исследованиях указал, что входящие в состав живых организмов микроэлементы, кроме геохимической роли, играют также биохимическую и физиологическую роль. А. П. Виноградов, проводя исследования химического состава почв, углубил и развил эти идеи о тесной взаимосвязи микроэлементов и живых организмов. Без присутствия в организмах микроэлементов не может быть и речи о нормальной функции растений, животных и человека. Поэтому изучение содержания микроэлементов в почвах, в растительных организмах следует считать основной задачей на пути исследований микроэлементов [2, 3].

С этой точки зрения, изучение содержания и миграция таких микроэлементов, как Mn, Mo, Zn, I в почвах Ленкорани, и их обмена в системе почва-растение, являющегося результатом противоположным процессу поглощения элементов растением и возвращения его в почву в процессе минерализации растительных остатков, считается весьма актуальной задачей.

Учитывая вышеизложенную мысль, мы считаем необходимым остановиться на значении в живых организмах каждого исследуемого элемента в отдельности.

Марганец (Mn) – элемент, который входит в побочную подгруппу VII группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Самым устойчивым валентным состоянием марганца является 2. Соли марганца большей частью хорошо растворимы в воде, особенно нитрат, хлорид, сульфат ацетат

и роданид. Из малорастворимых соединений следует назвать сульфид, фосфат и роданид. Среднее содержание марганца в почве по А. П. Виноградову составляет $8,5 \times 10^{-2} \%$ [2]. По А. Н. Гюльяхмедову количество валового марганца в различных почвах Азербайджана колеблется от 450 до 1280 мг/кг почв. По его мнению, четко отличается биогенный характер накопления марганца в верхнем горизонте, для различных типов почв. Марганец, почти как все микроэлементы, концентрируется в тонкодисперсных фракциях [1].

Степень подвижности марганца в почвах определяется не только почвенным раствором среды, но и наличием в почвах органического вещества. А. П. Виноградов, А. Н. Гюльяхмедов, А. Б. Ахундова и др. подчеркивают то, что органическое вещество почвы способствует раскислению соединений марганца и закреплению его в почве [1, 2, 4].

Кроме характера растительных ассоциаций на поступление и накопление микроэлементов в растениях существенное влияние оказывают физиологические особенности растений. Нужно отметить, что в зависимости от почвенной среды изменяется и характер концентрирования этого элемента растениями.

Исследованиями ряда ученых установлено, что количество марганца в растении зависит от уровня рН в почве. Если возрастает рН в почве, уменьшается его количество в растении. В почвах, где преобладают окислительные свойства, марганец переходит в неусвояемую форму, а в почвах восстановительными свойствами, он восстанавливается до двухвалентного и тогда становится доступным растением. По М. Я. Школьнику, содержание марганца в растениях зависит от видовых особенностей растений, чем от его избирательной способности [7].

Марганец играет важную роль в процессе фотосинтеза, является активатором целого ряда ферментов, которые катализируют окислительно-восстановительные реакции. Исследованиями М. Я. Школьника (1955), Д. А. Алиева (1955) и М. Г. Абуталыбова (1956) установлено, что марганец положительно влияет на морозоустойчивость цитрусовых культур, пшеницы и др. Хотя марганец присутствует во всех почвах, но он не всегда доступен растениям [7, 8].

При недостатке марганца (Mn) снижается содержание хлорофилла и активность каталазы в листьях. Недостаток его в почве вызывает у растений специфические заболевания, внешним симптомом которой является появление различных пятен на листьях. Следовательно, марганец играет большую роль в жизни растений [8].

Молибден (Mo) – относится к тяжелым металлам (атомный вес 95,95), обладает различной валентностью от 2 до 6. Наиболее устойчивыми в природе являются соединения 6-тивалентного молибдена. По А. П. Виноградову, молибден тяготеет к кислым породам, относительно обогащенным молибденом также, осадочным породам, среди которых выделяются глины. Он отмечает, что наиболее богаты молибденом те почвы, которые имеют высокое содержание органического вещества и обладает низким окислительным потенциалом [2].

В почвах среднее содержание молибдена составляет $2 \times 10^{-4} \%$. Молибден, как и марганец, относится к группе слабого биологического накопления и среднего биологического захвата. Поступление молибдена в растения, определяется степенью его подвижности. Поэтому на кислых почвах особенно четко ощущается недостаток молибдена в растениях.

Важнейшей стороной физиологической роли молибдена является его участие в азотистом обмене, в таких реакциях как восстановление нитратов и фиксация молекулярного азота. Помимо его участия в азотном обмене, имеются данные о роли молибдена в важнейших метаболических процессах.

Недостаток молибденового питания проявляется в появлении желто-зеленых или бледно-оранжевых межжилковых пятен. Также недостаток сказывается на развитии цветков, которые чаще всего остаются очень мелкими и теряют способность раскрываться. Также получены данные о роли молибдена в энергетическом обмене. Он оказывает влияние на обмен витаминов в растениях, при недостатке молибдена происходит резкое снижение содержания аскорбиновой кислоты. Характерным признаком молибденовой недостаточности является значительное снижение содержания хлорофилла, нарушение метаболизма фосфорных соединений [1].

Цинк (Zn) – химический элемент 2 группы периодической системы Д. И. Менделеева, широко распространен в природе, присутствует во всех почвах Азербайджана. Количество его также как и всякого другого элемента, зависит от характера материнских пород, содержания органического вещества, структуры почвы, рН и др. показателей. Среднее содержание Zn для всех почв земного шара близко $5 \cdot 10^{-3} \%$, он распределен в почвах более однообразно [2].

Подвижность Zn в почвах связана с характером состояния в почвах формой соединения и рН среды. Цинк неподвижен при высоких рН в щелочных почвах, богатых CaCO₃, и очень подвижен в кислых почвах рН=5 и ниже. Щелочные растворы совершенно не извлекают Zn. Чем более кислый раствор, тем больше извлекается Zn из почвы, особенно из гумусового горизонта. Почвенные растворы с высоким рН фиксируют Zn, осаждая его или переводя в сорбционные соединения. Установлено что, содержание подвижного цинка в почве далеко не всегда находится в прямой зависимости от общего содержания этого элемента в почве [1, 2, 5].

Цинк входит в состав всех растительных организмов от десятитысячных до сотых долей процента. Физиологическая роль цинка в растениях многосторонняя. Цинк играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах и является составной частью ряда ферментов (карбоангидраза, триозефосфатдегидрогеназы и др.)

На основе проведенных исследований можно подчеркивать, что доступность цинка растениям зависит не только от увеличения кислотности почвы, также как и молибдена, марганца и др. содержание его меняется в зависимости от метеорологических условий, в частности, от количества осадков, выпадающих в период наибольшего роста растения.

Недостаток цинка для растений наблюдаются чаще всего на песчаных почвах, отличающихся низким содержанием этого элемента. Отметим, что цинковое голодание наблюдается у плодовых и цитрусовых деревьев – яблони, вишни, лимона, мандарина, апельсина, фейхоа и др. При цинковом голодании растений появляются хлоротичные пятна на листьях, которые становятся бледно-зелеными, а у некоторых растений почти белыми. У цитрусовых культур наблюдается крапчатость листьев, а у грецкого ореха желтуха. Роль цинка для роста и развития культурных растений тесно связана с его участием в азотном обмене.

Цинк также влияет на проницаемость мембран, стабилизирует клеточные компоненты и системы микроорганизмов, повышает устойчивость растений к сухому и жаркому климату, грибковым и бактериальным заболеваниям [7].

Йод (J) – содержание йода в различных почвах по литературным данным колеблется от 0,1 до 50 мг/кг и в среднем составляет 5 мг/кг почв. Основным источником почвенного йода является йод атмосферы. Установлено, что чем больше органического вещества содержит почва, и чем больше содержит мелкой фракции, тем богаче она и йодом. В распределении йода по профилю почвы отмечается, что верхний гумусовый слой почвы наиболее богат йодом, а нижний слой почв и материнская порода, наоборот, содержат наименьшее количество этого элемента. Исключения составляют осадочные породы морского происхождения.

Содержание йода в растениях, также как и всякого другого элемента, зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются биологические особенности самого растения и содержание подвижной формы этого элемента в почве.

Проведенные нами исследования и многочисленные опыты с целью изучения влияния свойств почв на поступление йода в растения и содержание йода в них в зависимости от их видовых особенностей, показывают, что йод не входит в число элементов, являющихся абсолютно необходимым для жизни растений. Наряду с этим в ряде опытов установлено и его положительное влияние на рост, и развитие растений и величину урожая [1,8].

Необходимость йода для человека и животных была установлена еще в первой половине XIX века. При недостатке йода в организме животных и человека происходят нарушения функций щитовидной железы. В результате нарушения в обмене веществ, вызываемого йодной недостаточностью появляется эндемический зоб у человека и животных.

В статье даны материалы о содержании марганца, молибдена, цинка и йода в псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах на территории Ленкоранского чайного филиала Научно-Исследовательского института плодоводства и чая. Поводом для исследований в этом направлении послужило отсутствие информации вышеуказанных микроэлементов в псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах в Ленкоранском районе.

Полевые исследования осуществляли путем закладки почвенных разрезов и отбора проб из генетических горизонтов. Вокруг заложенных разрезов брали пробы растений.

Микроэлементы в почвах (валовые формы) и в растениях определяли атомно-абсорбционным методом с использованием спектрометра Shumadzy-6800. Подвижные формы этих элементов определяли: марганца – методом персульфатным, цинк-дитизионовым, молибден-роданидным, йод-тиосульфатным.

Определение содержания гумуса, рН проводилось по общепринятой методике. Гумус определяли по И. В. Тюрину, рН – с помощью рН-метра [9].

Нужно отметить, что формирование в условиях влажного субтропического климата, псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почв по почвенно-экологическим условиям развивается в южной половине Ленкоранской приморской неизменности. В формировании этих почв большое значение имеет также сельскохозяйственная деятельность человека.

По результатам проведенных анализов установлены уровни содержания микроэлементов в почвах.

Как видно из первой таблицы, содержание гумуса в этих почвах, составляет в верхнем горизонте (0–10см) – 3,4 % и постепенно уменьшается к низу (98–130 см) – 0,7 %. Реакция почвенной среды кислая и слабокислая, рН в водной суспензии по профилю почв колеблется в пределах 5,4 до 6,2.

Таблица 1. Свойства почв в псевдоподзолистые Желтоземно-глеевых почвах и содержание микроэлементов

Свойства почв		Глубина взятия образцов, в см					
		0–10	10–25	25–48	48–73	73–98	98–130
Гумус (%)		3,4	2,8	2,4	1,8	1,8	0,7
рН _{водн.}		5,4	5,5	5,6	5,8	6,1	6,2
рН _{солевая}		4,2	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2
Содержание микроэлементов (в мг/кг) и Коэффициент подвижности Кп							
Mn	Валв. содержание	780	690	600	590	560	560
	Подв. содержание	43	35	32	30	22	18,2
	Степень подвижности %	5,5	5,1	5,3	5,1	3,9	3,3
Mo	Валв. содержание	2,4	2,0	1,7	1,4	1,2	0,7
	Подв. содержание	1,20	1,15	1,00	0,75	0,66	0,25
	Степень подвижности %	50,0	57,5	58,8	53,6	55,0	35,7
Zn	Валв. содержание	38,4	36,2	30,8	30,2	30,0	28,5
	Подв. содержание	3,10	2,85	2,20	1,75	1,44	0,96
	Степень подвижности %	8,1	7,9	7,1	5,8	4,8	3,4
J	Валв. содержание	3,96	3,12	2,37	1,14	1,00	0,78
	Подв. содержание	2,20	1,95	1,20	1,00	0,60	0,50
	Степень подвижности %	55,6	62,5	50,6	87,7	60	64,1

В псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах, распределение валового содержания марганца, молибдена, цинка и йода (Mn, Mo, Zn и J), в профиле почвенного разреза, более или менее равномерное.

Однако отмечается заметная аккумуляция их в верхнем горизонте. Здесь количество марганца достигает до 780 мг/кг, молибдена–2,4; цинка–38,4; йода–3,96 мг/кг. По этим данным можно сказать, что содержание Mn, Mo, Zn и J в верхнем горизонте, ниже среднего количество (Кларк) значений для почвы и отмечается заметное уменьшение величины их вниз по почвенному профилю.

Как видно из таблицы, содержание подвижных форм исследуемых микроэлементов, также уменьшается с глубиной. Если в верхних горизонтах исследуемых микроэлементов содержание составляет, соответственно – Mn – 43 мг/кг; Mo – 1,20; Zn – 3,10 и J – 2,20 мг/кг почве, то в нижних горизонтах это содержание равно – Mn – 18,2 мг/кг; Mo – 0,25; Zn – 0,96 и J – 0,50 мг/кг с уменьшением содержания гумуса.

Мы считаем, что низкое содержание подвижных форм этих микроэлементов обуславливается господствующим здесь влажным субтропическим климатом. Так, как относительная влажность воздуха и сильные дожди наблюдается вымыванием питательных веществ из почвы и, в частности уменьшением содержания макро и микроэлементов.

В псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах величина коэффициента подвижности (Кп) микроэлементов, в том числе количество марганца (Mn) и цинка (Zn) не высокое, и в горизонтах соответственно колеблется от 5,5 до 3,3 % и от 8,1 до 3,4 %.

В общем, коэффициента подвижности (Кп) микроэлементов в этих почвах имеет различные значения и такое явление можно объяснить, легким механическим составом и кислой реакцией среды.

В наших исследованиях представлены различные древесные растения, приуроченные к месту закладки разрезов. В основном это дикорастущие виды растений. Исключение составляют чайные растения и фейхоа. Данные по содержанию микроэлементов в почвах и растениях представлены в табл. 2.

Изменение в количественного содержания любого микроэлемента в одном и в том же виде растений, происходит в прямой зависимости содержанием их в почве. Также нужно отметить, что, при равнозначном содержании одного и того же исследуемого микроэлемента в почвах, в растение поступает разное количество элемента. Так как, величина коэффициента биологического поглощения (КБП) растениями зависит от уровня концентрации его в почвах и приуроченных к ним растениям, с наиболее высокой концентрацией этих элементов, обладает повышенными показателями КБП.

Необходимо отметить, что КБП для любого растения возрастает по мере уменьшения валового содержания микроэлементов в почве. Такое явление говорит о строгой избирательности растений, также к различным макроэлементам минерального питания.

Как видно из таблицы, листья одного и того же растения, содержат больше исследуемых микроэлементов, чем ветви.

Содержание марганца в листьях исследуемых растениях варьирует от 145,0 до 208,0, а в ветвях от 113,0 до 188,0 мг/кг воздушной сухой массы. Это дает основание отметить, что, в молодых органах (листьях) количество марганца значительно выше, чем в старых (ветвях). Наиболее высоким содержанием марганца характеризуются листья фейхоа, которые содержат значительно больше марганца, чем другие деревья (железное дерево, дуб). Это дает основание говорить о том, что в отдельности растения обладают избирательной способностью к содержанию марганца.

Таблица 2. Содержание микроэлементов в растениях и коэффициент биологического поглощения (КБП)

Наименование растений	Марганец (Mn)		Молибден (Mo)		Цинк (Zn)		Йод (I)	
	растения почв	КБП	растения почв	КБП	растения почв	КБП	растения почв	КБП
Дуб (листья)	$\frac{145}{622}$	0,23	$\frac{2,7}{2,20}$	1,22	$\frac{86,0}{48,2}$	1,78	$\frac{2,40}{2,32}$	1,03
Дуб (ветви)	$\frac{132}{622}$	0,21	$\frac{2,5}{2,20}$	1,14	$\frac{74,2}{48,2}$	1,54	$\frac{1,95}{2,32}$	0,84
Железное дерево (листья)	$\frac{178}{622}$	0,29	$\frac{4,4}{2,20}$	2,0	$\frac{92,4}{48,2}$	1,91	$\frac{2,70}{2,32}$	1,16
Железное дерево (ветви)	$\frac{113}{622}$	0,18	$\frac{3,7}{2,20}$	1,7	$\frac{86,5}{48,2}$	1,79	$\frac{2,10}{2,32}$	0,91
Фейхоа (листья)	$\frac{208}{622}$	0,33	$\frac{5,2}{2,20}$	2,4	$\frac{112,2}{48,2}$	2,32	$\frac{3,60}{2,32}$	1,55
Фейхоа (ветви)	$\frac{188}{622}$	0,30	$\frac{4,1}{2,20}$	1,9	$\frac{96,0}{48,2}$	1,99	$\frac{2,14}{2,32}$	0,92
Чай (листья)	$\frac{195}{622}$	0,31	$\frac{9,5}{2,20}$	4,3	$\frac{76,0}{48,2}$	1,57	$\frac{4,22}{2,32}$	1,82
Чай (ветви)	$\frac{162}{622}$	0,26	$\frac{8,6}{2,20}$	3,9	$\frac{70,2}{48,2}$	1,45	$\frac{3,12}{2,32}$	1,34

Количественное содержание молибдена в растениях по сравнению с другими исследуемыми микроэлементами выражается значительно меньшими величинами. При довольно низком содержании молибдена в почвах, его величина в древесных растениях, как видно из таблицы, относительно высокое и колеблется в листьях от 2,7 до 9,5 мг/кг, а в ветвях от 2,5 до 8,6 мг/кг воздушной сухой массы. При этом самое высокое содержание молибдена отмечается в листьях чайного растения и фейхоа (9,5 и 5,2 мг/кг). Как уже упоминалось выше, КБП для молибдена в зависимости от вида растений колеблется от 1,14 до 4,3, растения с наиболее высокой концентрацией микроэлементов обладают и более повышенными показателями КБП.

В наших исследованиях концентрация цинка в исследуемых растениях варьирует в широких интервалах (70,2–112,2 мг/кг). В листьях фейхоа содержание цинка равно 112,2 мг/кг, а в ветвях 96,0 мг/кг. А в листьях железного дерева и дуба соответственно 92,4 мг/кг; 86,0 мг/кг, в ветвях 86,5 мг/кг; 74,2 мг/кг. Это объясняется тем, что потребность в цинке у цитрусовых выше, чем у дикорастущих деревьев. В результате проведенных исследований установлено, что содержание цинка в древесной растительности значительно выше по сравнению с травянистой.

Йод участвует во многих физиологических и биохимических процессах и оказывает большое влияние на элементный состав и продуктивность растений. Он оказывает положительное влияние на количество и качественный состав аминокислот, отношение белкового азота к небелковому азоту, повышает устойчивость полевых культур к неблагоприятным факторам внешней среды. Известно, что основным источником поступления йода в сельскохозяйственные растения является почва.

Отметим, что в период вегетации растения характеризуются разным содержанием йода. По данным А. Х. Шеуджена, наибольшее его количество наблюдается в начале вегетации и уменьшается перед уборкой урожая сельскохозяйственных культур [6].

Нужно отметить, что водорастворимый йод может составлять до 50 % от общего количества. Среднее содержание йода в исследуемых растениях колеблется от 1,95 до 4,22 мг/кг.

Заклучение

На основании проведенных нами исследований с целью изучения содержания и миграции микроэлементов Mn, Mo, Zn, J в почвах Ленкоранской субтропической зоны и их обмена в системе почва-растение, можно сделать следующие выводы. Содержание микроэлементов в этих почвах ниже среднего (Кларк), в основном они аккумулируются в верхнем горизонте, заметно уменьшается их количество вниз по почвенному профилю. Подвижные формы исследуемых микроэлементов также, уменьшаются с глубиной.

В наших исследованиях представлены различные древесные растения (дуб, железное дерево, фейхоа, чай), произрастающие на месте закладки разрезов. Как показывают наши исследования, в почве при равнозначном количестве содержания микроэлементов, в растение поступает разное количество этих микроэлементов, также листья одного и того же растения содержат исследуемых микроэлементов больше, чем ветви. Необходимо отметить, что на высокую концентрацию этих элементов указывает коэффициент биологического поглощения (КБП).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гюльяхмедов А. Н. Микроэлементы в почвах, растениях и их применение в растениеводстве. – Баку: Элм, 1986. – 169 с.
2. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1957.
3. Вернадский В. И. Живое вещество и биосфера. – М.: Наука, 1964.
4. Ахундова, А. Б. Микроэлементы в почвах и в живых организмах. – Труды Почвоведения и Агрохимия том XVI. Баку: Элм, 2004. – 485 с.
5. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. – М.: Издательство «Высшая школа», 1966. – 391 с.
6. Шеуджен А. Х. Агробиогеохимия. – 2-е изд., перераб и доп. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
7. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений. – М.: Изд. «Наука», 1971. – 322 с.
8. Səlimova, Ş. C., Axundova Ə. B., Əhmədova A. Ş. / Böyük Qafqazın müxtəlif tip torpaqlarında ağır metalların torpaq-bitki sistemində miqrasiyası / Səlimova Ş. C., Axundova Ə. B., Əhmədova A. Ş. Torpaqşünaslıq və Aqrokimya jurnalı cild 24, nömrə 1, iyun 2019// səh 109–116.
9. Арунишкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-ва МГУ, 1970. – 487 с.