

м³/ц. В опыте с яровым ячменем коэффициент водопотребления в контрольном варианте составил 79 м³/ц, в вариантах, где применялись минеральные удобрения на формирование 1 ц зерна было израсходовано в среднем 70 м³ влаги. Это свидетельствует о том, что удобренные посевы полнее использовали почвенную влагу, что в свою очередь способствовало увеличению уровня урожайности зерна в данных вариантах.

Заключение. В результате исследований установлено, что под влиянием минеральных удобрений происходит более полное и экономное расходование почвенной влаги посевами изучаемых зерновых культур. При этом отмечается существенное увеличение урожайности зерна, следовательно, удобрения можно отнести к средствам борьбы с засухой в условиях светло-каштановых почв Калмыкии.

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE LEVEL OF WATER CONSUMPTION BY WINTER WHEAT AND SPRING BARLEY

B.V. Shurganov¹, A.I. Sorokin¹, V.N. Muzraev¹, A.G. Tertishnaya²

¹ Kalmyk research Institute of agriculture named after M. B. Narmaev, Gorodovikov sq. 1, 358011 Elista, Russia, gb_kniish@mail.ru

² Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia

The Central zone of Kalmykia is characterized by natural conditions, which makes local agriculture risky. The main limiting factors which determine the productivity of grain crops are the conditions of moisture availability. This article presents the results of studies of the dependence of the water consumption of winter wheat and spring barley crops on their availability with mineral nutrition.

Key words: winter wheat, spring barley, mineral fertilizers, total water consumption, water consumption coefficient.

НАКОПЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕЛЁНОЙ МАССЕ КУКУРУЗЫ ПРИ ЕЁ ВЫРАЩИВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

A.P. Бахитова, В.М. Лапушкин, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
127550, Москва, ул. Прянишникова, д.6., timakad2014@gmail.com

При планировании высоких урожаев сельскохозяйственных культур, как правило, резко возрастает необходимость применения микроудобрений. В связи с неоднородностью химического состава почвенного профиля, уровень минерального питания растений кукурузы регулировали путем послойного внесения макро- и микроэлементов с целью получения высокого урожая хорошего качества, а также повышения устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды (низкие температуры в начале и конце вегетационного периода, неравномерное распределение осадков и др.).

Ключевые слова: микроудобрения, кукуруза, зелёная масса, дерново-подзолистая почва, медь, цинк, молибден, железо, марганец.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.103.06

В связи с неоднородностью химического состава и неравнозначностью отдельных почвенных слоев в формировании урожая сельскохозяйственных культур некоторые авторы (Щербинин, 1970; Маринина, Терехин, 2014) указывают на необходимость оценки плодородия отдельных горизонтов (слоев) почвы. Локальное внесение удобрений может стать эффективным способом регулирования продукционного процесса путём снижения отрицательного действия на продуктивность растений повышенной плотности почвы, недостатка влаги и элементов питания на бедных почвах, в районах с коротким вегетационным периодом (Соколов, 1980, Трапезников, 1983, Гордеев, 1991).

Методика. Гибрид кукурузы Катерина СВ выращивали на опытном поле Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева с применением макро- и микроудобрений.

Азот, фосфор и калий вносили в виде аммиачной селитры, аммонизированного двойного суперфосфата и сульфата калия, микроэлементы - в виде химически

Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. - 3-е изд. - М.:Агропромиздат, 1986.- 416 с.
2. Гриценко В.Г., Гольдварг Б.А. Гидротермические факторы, урожай и водопотребление озимых зерновых культур в Центральной засушливой зоне Калмыкии//Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития мясного животноводства».- Элиста, 2012.- 60 с.
3. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв: Учебник. - 3-е изд. - М.: Изд-во МГУ, 2003. - 448 с.
4. Народецкая Ш.Ш. Агроклиматические ресурсы Калмыцкой АССР//Ш.Ш. Народецкая.-Л.: Гидрометиздат, 1974.-171 с.
5. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. Ч. 2 /Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование/Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. — М.: Высш. шк., 1988. — 400 с.
6. Сорокин А.И., Гольдварг Б.А., Шурганов Б.В. Технология применения минеральных удобрений и регуляторов роста под озимую пшеницу в условиях Республики Калмыкия//Калмыцкий НИИСХ.- Элиста, 2017.-20 с.

чистых солей точечным способом в разные слои почвы для того, чтобы выявить оптимальную глубину, с которой происходит наиболее эффективное усвоение элементов питания с учетом особенностей корневой системы кукурузы и химического состава дерново-подзолистой почвы (среднесуглинистой в слое 0-40 см и супесчаной в слое 40-80 см).

Схема опыта включала 20 вариантов (см. табл. 3). Площадь делянки 1 м², повторность опыта – трехкратная.

Органические удобрения, химические средства защиты и мелиоранты на опытном участке не применяли. Дважды за вегетационный период по мере отрастания сорняков проводили ручную прополку.

Агрохимические условия каждого слоя почвы, анализируемого в опыте, были неоднородными, что могло повлиять на доступность определяемых микроэлементов растениям. Микроудобрения вносились по фону макроудобрений (РК, NPK), дозы внесённых микроудобрений по д.в. представлены в таблице 1.

1. Дозы внесенных микроудобрений

Элемент питания	Микро-удобрение	Вид удобрения	Содержание элемента питания в удобрениях, %	Доза удобрения, г/м ²
Zn	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	Сульфат цинка	65	1,3
Cu	CuSO ₄ · 5H ₂ O	Сульфат меди	63	1,2
Mo	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	Молибдат натрия	96	0,2

Послойный анализ почвы до посева и после сбора урожая на содержание подвижных форм микроэлементов осуществляли на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-Z. ЭТА» согласно Методике выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии (Санкт-Петербург, 2008 г.). Экстракция почвенных проб включала следующие этапы – нагревание навески почвы (2 г) с 10 мл 0,5 М азотной кислоты на водяной бане при перемешивании (90 °С) в течение 3 ч, фильтрование через бумажный фильтр в мерную колбу и доведение до метки бидистиллированной водой.

Анализ зерна на содержание микроэлементов осуществляли также на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-Z. ЭТА» после предварительной сухой минерализации (ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов) в муфельной печи SNOL, постепенно повышая температуру: 250 °С - 30 мин, 300 °С - 30 мин, 350 °С - 30 мин, 400 °С - 30 мин, 450 °С - 1-3 ч до получения белой золы. Полученную золу растворяли в азотной кислоте, для чего в чашку с золой прибавляли 1 см³ раствора азотной кислоты (1:1) и нагревали на водяной бане до полного растворения солей. Затем раствор упаривали до влажных солей, добавляли 5 см³ 0,03 М раствора азотной кислоты, нагревали на водяной бане до полного растворения солей, охлаждали и количественно переносили в мерную колбу вместимостью 25 см³. Образцы доводили до метки фоновым раствором азотной кислоты.

Корреляционный анализ тесноты связи между урожаем и выносом микроэлементов растениями проводили с помощью программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Агрохимический анализ почвы опытного участка до посева показал, что значение pH снижается по профилю почвы от среднекислого до сильнокислого, содержание гумуса также резко уменьшается с глубиной, обеспеченность фосфором и калием повышенная, содержание меди, цинка и молибдена низкое (табл.2).

2. Характеристика почвы опытного участка до посева

Слой почвы, см	Гумус, %	pH _{KCl}	Подвижные формы микроэлементов, мг/кг сухой почвы				
			Zn	Cu	Mo	Mn	Fe
0-20	2,0	4,6	0,14	1,48	0,015	17,0	28,0
20-40	0,6	4,5	0,12	1,38	0,012	14,0	22,0
40-60	0,2	3,2	0,12	1,30	0,008	13,0	20,0
60-80	0,1	3,2	0,03	0,26	0,004	8,0	16,0

Выход зелёной массы кукурузы в опыте сильно варьировал по вариантам (1,8-7,8 кг/м²). С увеличением зелёной массы содержание микроэлементов (Cu, Mo, Zn, Mn, Fe) изменялось неодинаково (рис.).

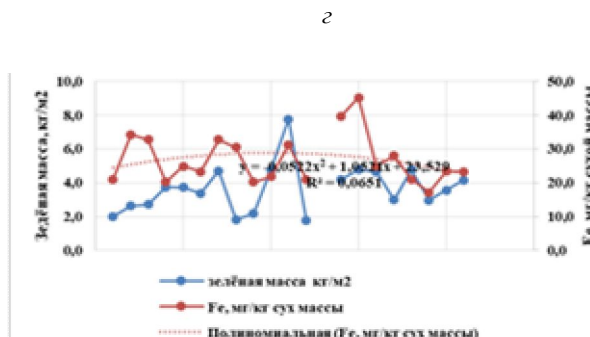
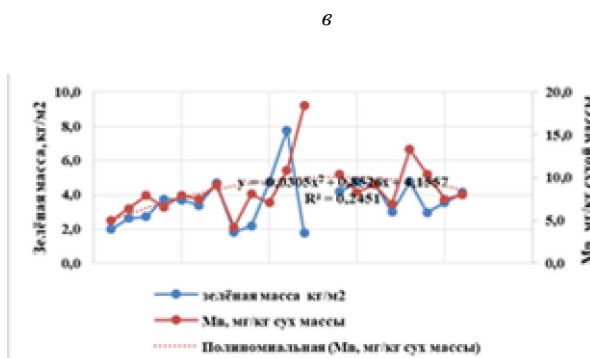
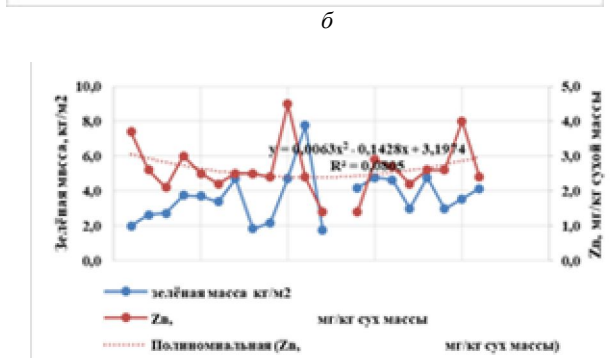
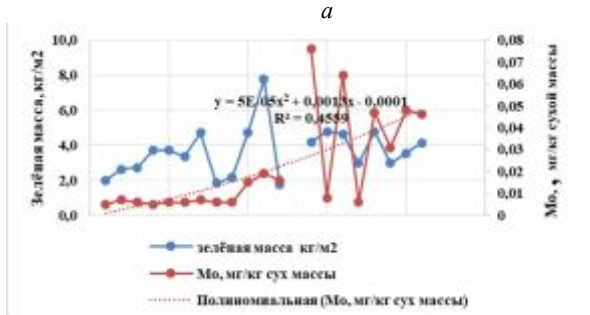
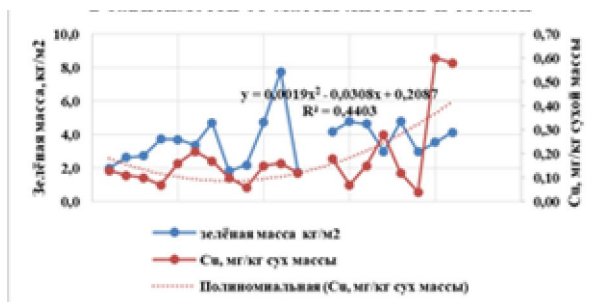


Рис. Содержание микроэлементов в зелёной массе кукурузы в зависимости от массы листьев и стеблей:

а – меди, б – молибдена, в – цинка, г – марганца, д – железа

Корреляционный анализ показал тесную связь между урожаем зелёной массы кукурузы и выносом расте-

ниями цинка, марганца и железа ($r = 0,8; 0,9; 0,9$ соответственно).

Что касается меди и молибдена, то вынос этих микроэлементов зелёной массой кукурузы имел среднюю корреляционную связь с собранной массой листьев и стеблей кукурузы.

Химический анализ на содержание микроэлементов (Cu, Zn, Mo) в зелёной массе кукурузы выявил значительный недостаток их (табл. 3). Содержание меди в зелёной массе кукурузы было очень низким во всех вариантах. Однако, в слоях почвы, где все удобрения применялись совместно на глубину 60-80 см отмечается более высокое содержание этого элемента.

3. Содержание микроэлементов в зелёной массе кукурузы

№ варианта	Элементы питания и глубина внесения, см	Зелёная масса, кг/м ²	Cu	Zn	Mo	Mn	Fe
мг/кг сухой массы							
1	0 (контроль)	2,0	0,13	3,7	0,005	5,0	21,0
2	N, 0-20	2,6	0,11	2,6	0,007	6,4	34,2
3	PK, 0-20	2,7	0,10	2,1	0,006	7,9	32,7
4	PK, 20-40	3,7	0,07	3,0	0,005	6,6	20,2
5	PK, 40-60	3,7	0,16	2,5	0,006	7,9	24,9
6	PK, 60-80	3,4	0,21	2,2	0,006	7,5	23,3
7	N, 20 + PK, 20-40	4,7	0,17	2,5	0,007	9,2	32,7
8	N, 20 + PK, 40-60	1,8	0,10	2,5	0,006	4,2	30,4
9	N, 20 + PK, 60-80	2,2	0,06	2,4	0,006	8,1	20,2
10	N, 0-20 + PK, Cu, Zn, Mo, 20-40	4,7	0,15	4,5	0,015	7,1	21,8
11	N, 0-20 + PK, Cu, Zn, Mo, 40-60	7,8	0,16	2,4	0,019	10,8	31,1
12	N, 0-20 + PK, Cu, Zn, Mo, 60-80	1,8	0,12	1,4	0,016	18,4	21,0
13	NPK, 0-20	4,2	0,18	1,4	0,076	10,4	39,7
14	NPK, 20-40	4,8	0,07	2,9	0,008	8,3	45,1
15	NPK, 40-60	4,6	0,15	2,7	0,064	9,2	24,9
16	NPK, 60-80	3,0	0,28	2,2	0,006	6,9	28,0
17	NPK, Cu, Zn, Mo, 0-20	4,8	0,12	2,6	0,047	13,3	21,0
18	NPK, Cu, Zn, Mo, 20-40	3,0	0,04	2,6	0,031	10,4	17,1
19	NPK, Cu, Zn, Mo, 40-60	3,6	0,60	4,0	0,048	7,5	23,4
20	NPK, Cu, Zn, Mo, 60-80	4,1	0,58	2,4	0,046	8,0	23,3

Примечание. Содержание микроэлементов (мг/кг сухой массы) в зелёной массе кукурузы (Кабата-Пендиас, 1989): Cu - 5-30, Zn - 27-150, Mo - 0,2-1,0, Mn - 20-300.

Содержание цинка по вариантам варьировало от 1,4 до 4,5 мг/кг сухой массы.

При внесении микроэлементов с азотом, фосфором и калием в один из слоёв почвы наибольшее содержание цинка отмечено при внесении в слой почвы 40-60 см. Удобрения при внесении в более глубокие или верхние слои почвы позволили получить зелёную массу с содержанием цинка, мало отличающимся от вариантов без применения микроудобрений.

При внесении азота в поверхностный слой почвы совместно с остальными элементами питания (PK, Cu, Zn, Mo) в слой почвы 20-40 см, содержание цинка в зелёной массе кукурузы было максимальным. Необходимо отметить, что в варианте с поверхностным внесением азота и глубокой заделкой фосфора, калия и микроэлементов наблюдается резкое снижение содержания цинка в зелёной массе с глубиной внесения удобрений. Кроме того, без микроудобрений в вариантах (N 0-20 + PK 20-40, 40-60 или 60-80 см), содержание цинка остаётся постоянным, независимо от глубины внесения фосфора и калия. При добавлении микроэлементов к фосфорно-калийным удобрениям, с глубиной внесения содержание цинка в зелёной массе кукурузы уменьшается почти в 2 раза в каждом нижележащем слое. Это

можно объяснить тем, что корни кукурузы, имеющие ярусное строение, недостаточно развиваются в слоях почвы без добавления азота. В результате снижаются биомасса корней и глубина их проникновения.

Содержание молибдена варьировало. Увеличение его количества в 3 раза по сравнению с контролем наблюдается при добавлении микроэлементов к фосфорно-калийным удобрениям с поверхностным внесением азота. При совместном внесении азотно-фосфорно-калийных удобрений в один слой почвы, без микроэлементов наблюдается увеличение содержания молибдена в зелёной массе в случае внесения в слои почвы 0-20 и 40-60 см. В остальных слоях почвы (20-40 и 60-80 см) азотно-фосфорно-калийные удобрения не повлияли на содержание молибдена в зелёной массе.

Повышение содержания марганца в зелёной массе кукурузы наблюдается при совместном внесении макро- и микроудобрений в один из слоёв почвы. Урожай зелёной массы кукурузы при этом остаётся на среднем уровне.

Количество марганца также было низким во всех вариантах. Наибольшее содержание его получено в варианте с отдельным внесением азота в поверхностный слой почвы (0-20 см) и P и K с микроэлементами питания (PK, Cu, Zn, Mo) в слой почвы 60-80 см.

Несмотря на повышенное содержание доступного растениям железа и марганца в почве, а также высокую кислотность (рН 3,2) и легкий гранулометрический состав подпахотных слоёв почвы содержание марганца в зелёной массе не превысило средние значения для листьев зрелых растений (Кабата-Пендиас, 1989).

Закключение. Пространственное разделение азотных удобрений с фосфорно-калийными и микроэлементами на данной дерново-подзолистой почве позволяет в некоторых случаях получить высокий урожай зелёной массы кукурузы. Однако, содержание микроэлементов за счёт ростового разбавления повышается незначительно, оставаясь на низком уровне.

Для обогащения зелёной массы микроэлементами необходимо вносить макро- и микроудобрения совместно в слои почвы 20-40 или 40-60 см. При этом урожай зелёной массы достигает средних значений для данного гибрида, но обеспечивается значительное увеличение содержания микроэлементов.

Литература

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
2. Материалы IV Всесоюзного совещания по микроэлементам. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине». - Киев: Киевская типография Госсельхозиздата УССР, 1962. - 690 с./Климовицкая З.М., Охрименко М.Ф., Визирь К.Л. О путях поглощения и передвижения марганца в растениях. - С 110-114.
3. Материалы IV Всесоюзного совещания по микроэлементам. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине». - Киев: Киевская типография Госсельхозиздата УССР, 1962. - 690 с./Пейве Я.В. Биохимия и агрохимия молибдена. - С. 133-137.
4. Материалы IV Всесоюзного совещания по микроэлементам. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине». - Киев: Киевская типография Госсельхозиздата УССР, 1962. - 690 с./Гамаюнова М.С., Островская Л.К. Содержание микроэлементов в почве и семенах и урожай сельскохозяйственных растений.
5. Материалы IV Всесоюзного совещания по микроэлементам. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине». - Киев: Киевская типография Госсельхозиздата УССР, 1962. - 690 с./Шабалин И.Н. Значение микроэлементов в повышении качества урожая при орошении кукурузы, сахарной свёклы и яровой пшеницы. - С. 298-302.
6. Ю.Е. Саен, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. Геохимия окружающей среды. - М.: Недра, 1990. - 335 с.
7. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений. - Ленингр. отд., 1974. - 324 с.

During the planning of high yields necessity of microfertilizers application typically increases. Level of mineral nutrition of corn was regulated by applying nutrients at different soil layers due to heterogeneity chemical compound of soil cut. The aim was to obtain high yield of well quality and to increase crop resistance to diseases and unfavorable factors of environment such as low temperatures at the beginning and at the end of vegetation, uneven distribution of precipitation, etc.

Key words: microfertilizers, green material, sod-podzolic soil, copper, zinc, molybdenum, iron, manganese.

УДК 631. 81. 095. 337:631.582: 633.521

ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ВНЕСЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ СИНЕРГИЗМА И АНТАГОНИЗМА ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ИХ В РАСТЕНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ

О.Ю. Сорокина, д.с.-х.н., ВНИИ льна

172002, г. Торжок, ул. Луначарского, 35, e-mail: olga-sorokina@bk.ru

Изучено взаимодействие между микроэлементами при поступлении их в растения льна, клевера и тимopheевки в конкретных условиях, что даёт возможность установить факт недостаточности для растений и кормов элемента в связи не только с низким его содержанием в почве, но и с антагонистическим воздействием на него других микроэлементов. Отмечены сильное антагонистическое воздействие молибдена по отношению к бору, особенно в тимopheевке (- 66 % содержания бора) и бора к меди (- 32 % содержания меди), среднее синергетическое воздействие меди к бору и небольшое к цинку. В подборе удобрений с микроэлементами следует исключать те микроэлементы, которые при определенных обстоятельствах могут быть антагонистами.

Ключевые слова: микроэлементы, бор, медь, цинк, молибден, синергизм и антагонизм между элементами, лен-долгунец, клевер, тимopheевка.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.103.07

Известно, что ни один микроэлемент (МЭ) нельзя заменить другим. Нередко почва плохо обеспечена не одним микроэлементом, а двумя или тремя. На этих почвах при внесении одного из них без учета отсутствия и наличия других невозможно получить устойчивые урожаи. В таких случаях совместное внесение двух или трёх микроэлементов значительно больше повышает урожай многих культур, чем раздельное. Иногда для основного внесения отдают предпочтение тому элементу, который находится в крайнем минимуме под наиболее отзывчивую на него культуру [1].

Обобщение данных 13 опытов показывает, что на почвах, с незначительным количеством меди и бора совместное их внесение увеличило урожай льносоломой на 8 ц/га, льносемян – на 1,3, клубней картофеля – на 51,5 и сена бобовых и злаковых трав – на 7,6 ц/га [2]. При низком содержании цинка и бора в почве наибольшая прибавка урожая семян получена от совместного внесения бора и цинка в почву на фоне NPK под весеннюю культивацию [3].

Ряд исследователей отмечают, что совместное применение микроэлементов по эффективности было на уровне применения одного элемента, а в некоторых случаях и ниже [4, 6].

При совместном внесении микроэлементов необходимо учитывать их влияние друг на друга, так как оно может быть то антагонистическим, то синергетическим. Явления антагонизма и синергизма между различными парами элементов описаны многими исследователями. Так, на различных культурах отмечены антагонизм $Zn \rightarrow Cu$, $B \rightarrow Cu$, $B \rightarrow Zn$ [5, 8] и синергизм на ячмене и других культурах $Zn \rightarrow Mo$, $Cu \rightarrow B$, $Cu \rightarrow Mo$, $Zn \rightarrow Cu$ [7, 10]. Выявлена прямая зависимость (синергизм)

между содержанием в растениях элементов – конкурентов при содержании каждого в растениях: меди < 8 мг/кг, цинка < 40 мг/кг; обратная зависимость (антагонизм), когда содержание в растениях меди > 8 мг/кг, цинка > 40 мг/кг [9]. Степень выраженности и направленность явлений синергизма и антагонизма с возрастом растений варьируют, поскольку изменяются потребность растений и обмен веществ в клетках. Эти явления подлежат дальнейшему изучению.

Цель исследований – изучить изменения содержания микроэлементов в растениях льняного севооборота в зависимости от совместного их применения.

Методика. Стационарный опыт располагался в Торжокском районе Тверской области. Повторность опыта – двукратная. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая со слабокислой реакцией среды. Содержание фосфора высокое, калия среднее, цинка и молибдена низкое, меди и бора – среднее. Фоном для микроудобрений во всех вариантах опыта были макроудобрения (Naa, Pcg, Kx) в дозах, соответствующих биологическим особенностям возделываемых культур. Под травы микроудобрения вносили весной вразброс, заделав их бороной. Под последующие культуры микроэлементы вносили совместно с макроэлементами под первую культивацию. Дозы действующего вещества составили: меди – 3 кг/га, цинка – 3, бора – 1, молибдена – 0,5 кг/га. Медь, цинк и их сочетание вносили под ячмень (первая культура севооборота), бор и молибден – под травы 1-го года пользования (вторая культура севооборота) и повторно – цинк, медь и бор и их сочетание – под лен-долгунец (пятая культура севооборота). Микроэлементы в растениях определяли рентгенофлуоресцентным методом.